

ESTABILIZAÇÃO DE MARGENS FLUVIAIS.

UMA ABORDAGEM MULTIFUNCIONAL

ANTÓNIO AUGUSTO SAMPAIO PINTO

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA PARA SATISFAÇÃO PARCIAL DOS REQUISITOS DO GRAU DE
DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA, RECURSOS
HÍDRICOS E AMBIENTE**

Orientador: Professor Doutor Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia

Co - Orientador: Professor Doutor Luís Filipe Sanches Fernandes

JANEIRO DE 2017

DEDICADA

À Liliana e ao Gustavo

*Ambition is the path to success.
Persistence is the vehicle to arrive in.*
Bill Bradley

RESUMO

O desenvolvimento crescente e a ocupação continuada de pessoas e bens ao longo das linhas de água têm aumentado a vulnerabilidade das margens à erosão. Apesar da erosão das margens ser um fenómeno natural na evolução dos rios, esta é frequentemente acelerada, como resultado da influência Humana. A erosão como fenómeno natural, não pode ser evitada. No entanto, diferentes soluções técnicas de proteção/estabilização têm sido desenvolvidas e testadas para mitigar os seus impactos.

De acordo com o estado do conhecimento atual, existem diferentes métodos para avaliar o estado de erosão das margens, incorporando diferentes componentes de análise e escalas espaciais e temporais de atuação. Porém, nenhum desses métodos avalia o estado de erosão da margem segundo uma visão holística, analisando os diferentes problemas que ocorrem, ao longo da linha de água, que podem afetar a estabilização das margens. No âmbito do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens, os métodos existentes são muito empíricos, e a ausência de registos de resultados obtidos com as intervenções já realizadas mostram que a informação existente não é suficiente.

O principal objetivo da presente tese consiste, assim, no desenvolvimento de uma metodologia para seleção de soluções técnicas de estabilização de margens fluviais que, para além, da caracterização de campo e recolha de informação em várias componentes e escalas espaciais (bacia hidrográfica, troço de rio e local de amostragem), incorpora informação acerca do estado evolutivo que soluções técnicas de estabilização aplicadas apresentam ao longo do tempo. Esta abordagem permite identificar, desde logo, quais os principais fatores de *stress* e áreas que exigem maior esforço de intervenção, promovendo as medidas que mais contribuem para alcançar o sucesso do processo de seleção a médio /longo prazo.

Este trabalho integrou oito casos de estudo agrupados em duas categorias: (i) quatro casos de estudo para a aplicação da metodologia proposta de caracterização do estado da margem e consequente seleção da(s) solução(ões) técnica(s) de estabilização adequada(s); e, (ii) quatro casos de estudo para demonstração da aplicabilidade do programa de monitorização e recolha de informação respeitante ao estado de conservação e evolução temporal das soluções técnicas implementadas.

Dos resultados obtidos foi possível verificar um comportamento satisfatório da aplicação da metodologia, nomeadamente, na ferramenta de atuação em campo para a recolha de dados, bem como na seleção adequada de soluções técnicas, que garantem a maximização dos objetivos técnicos, ecológicos, paisagísticos, económicos e socioculturais. A definição e permanente atualização de informação da base de dados ao longo do tempo permite contribuir para identificar e/ou validar as melhores condições para a instalação de uma estrutura de proteção de margens.

Palavras-chave: erosão, margens fluviais, estabilização, engenharia natural, monitorização, evolução temporal, base de dados.

ABSTRACT

The growing development and continuous occupation of people and goods along the water courses is increasing the vulnerability of riverbanks to erosion. Notwithstanding the riverbank erosion is a natural phenomenon in the river evolution, this occurrence is frequently accelerated by anthropogenic influence. Erosion as natural event cannot be avoided. However, an assortment of technical solutions aiming the protection / stabilization of riverbanks has been developed and tested to mitigate their impacts.

In keeping with the current state of the art, a number of methods exist to assess the extent of riverbank erosion, comprising a variety of components for analysis as well as a range of spatial and temporal scales for implementation. However, none of these methods evaluates the erosion of riverbanks from a holistic standpoint, namely by considering the different problems that can affect bank stabilization along the water course. In the process to select technical solutions for acting in the riverbanks, existing methods are mostly empirical, while the lacking of reports on the results of formerly applied interventions show that the existing information is not satisfactory.

The main purpose of this thesis is therefore to develop a method to decide on technical solutions to stabilize riverbanks, which, besides the field characterization and the gathering of information on various components and spatial scales (hydrographic basin, stream reach and sampling point), incorporates information of the temporal evolution evidenced by already implemented solutions. This approach allow for immediate recognition of main stress factors and areas requesting a stronger intervention effort, promoting those measures which contribute more to the success of the selection process in the medium / long term.

This work comprised eight study cases that were grouped into a couple of categories: (i) four study cases to apply the proposed methodology of riverbank characterization and concomitant selection of stabilization techniques; (ii) four study cases to demonstrate the monitoring program applicability and the gathering of information as regards the conservation and temporal evolution demonstrated by implemented solutions.

The performance reached with the application of our method was considered satisfactory, as demonstrated by the results, namely as regards the tool used in the field to collect data, as well as regards the selection of proper technical solutions that guarantee a maximization of technical, ecological, aesthetical, economical and socio-cultural objectives. The definition and permanent update of information in the dataset is a contribution to identify and/or validate the best conditions to install a protective structure of riverbanks.

Keywords: erosion, riverbanks, stabilization, bioengineering, monitoring, temporal evolution, database

AGRADECIMENTOS

Para a realização da presente tese de doutoramento contei com a contribuição, direta ou indireta, de pessoas e entidades, às quais desejo aqui registar o meu profundo apreço e sincero agradecimento pelo papel relevante que desempenharam ao longo deste período.

A sua concretização não teria sido possível sem a amizade, o incentivo e permanente apoio do Professor Rodrigo Maia, a quem devo a Orientação, a ajuda na definição do tema e das linhas mestras da investigação realizada e, acima de tudo, a criação das condições de trabalho e disponibilização dos meios necessários para o seu desenvolvimento. As oportunidades concedidas ao nível da colaboração em diversos projetos e trabalhos, de algum modo relacionados com o tema de doutoramento, foram fundamentais para a concretização deste trabalho, para além da aquisição de sensibilidade prática, sentido crítico e experiência em áreas muito variadas. Aqui, lhe expresso, por tudo, a minha gratidão.

Ao Professor Luís Filipe (Co-Orientador) agradeço pelo apoio, incentivo e confiança manifestada, desde logo, para a candidatura ao doutoramento, bem como pela amizade, acompanhamento e disponibilidade permanente ao longo desta *árdua jornada*.

À Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (SHRHA), do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da FEUP, pelo apoio institucional prestado nas diferentes fases do trabalho.

À Administração de Região Hidrográfica do Centro (ARH-C), pela colaboração, disponibilização de informação e apoio no desenvolvimento dos levantamentos topográficos, nas pessoas do Sr. Eng.º Nuno Bravo, Eng. António Brito e, Sr. Carlos Rodrigues.

À Administração de Região Hidrográfica do Algarve, em particular, o Sr. Eng. Pedro Coelho e o Sr. Eng. Paulo Monteiro, pela colaboração e disponibilidade nas visitas de campo realizadas nas ribeiras de Odelouca e Algibre.

Às Águas do Algarve nas pessoas da Sra. Eng. Marta Duarte e Sra. Dra. Maria da Luz Berjano, por toda a informação disponibilizada sobre a ribeira de Odelouca que me permitiu compreender de uma forma integrada toda a intervenção de reabilitação realizada.

Ao Doutor Pedro Teiga, o meu especial agradecimento pelo apoio e ajuda prestados, sempre que solicitados, com sugestões apropriadas e desafios constantes.

Ao Professor Rui Cortes a sua disponibilidade e partilha de conhecimentos que, nomeadamente na visita de campo realizada ao Rio Lima, em Viana do Castelo, me permitiu uma melhor compreensão do processo de seleção das soluções técnicas aplicadas, fundamental para uma correta monitorização e avaliação do desempenho expectável da intervenção realizada.

A todos os colegas de trabalho da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em particular, à Eng. Juliana Mendes pelo companheirismo (e amizade), partilha de conhecimentos e muita entreatajuda, extremamente necessária ao longo deste período, à Eng. Cristina Silva e à Joana Monteiro pelo apoio na revisão e tradução dos artigos científicos, ao Eng. Hélder Magalhães pelos

contributos dados em diversas conversas informais e, nomeadamente, pela sua visão pragmática na abordagem a diversas situações, à Eng. Manuela Oliveira pelo companheirismo e amizade e a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a elaboração desta tese de doutoramento. Agradeço, ainda, ao Eng. Ricardo Alves a sua disponibilidade no “desenrasque” imediato de qualquer problema informático.

À Arquiteta Paisagista Diana Fernandes pelo desenvolvimento dos desenhos esquemáticos das diferentes soluções técnicas de intervenção em margens, que ajudaram, sem dúvida, a melhor ilustrar as fichas técnicas e as soluções propostas para os casos de estudo apresentados. Por outro lado, gostaria ainda de agradecer a paciência e apoio em diversas discussões e trocas de ideias sobre os temas relacionados com o doutoramento.

Por fim, uma palavra importante de agradecimento a toda a Família e Amigos. Não posso, no entanto, deixar de referir três – o meu Pai (António Augusto), a minha Esposa (Liliana) e o meu querido filho (Gustavo), que ouviram os meus desabafos e sempre me prestaram todo o apoio, motivação e encorajamento de que necessitava. À Liliana devo ainda o agradecimento por aguentar e compreender as minhas ausências, pelo incentivo constante e, obviamente, por todo o seu apoio e amor incondicional.

Porto, janeiro de 2017

António Augusto Sampaio Pinto

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE QUADROS	xxi
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS.....	xxv

ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	3
2. ENQUADRAMENTO E CONCEITOS DE BASE	5
2.1. Geral	5
2.2. Gestão de Recursos Hídricos	6
2.2.1. Breve perspetiva histórica	6
2.2.2. Recursos hídricos superficiais	8
2.3. Morfologia e Dinâmica Fluvial.....	11
2.3.1. Conceitos e definições de base.....	12
2.4. Erosão	21
2.4.1. Definição e impactos da erosão	22
2.4.2. Processo erosivo da margem fluvial	27
2.5. Linhas orientadoras na Política Europeia da Proteção do Solo (erosão fluvial)	41
2.6. Enquadramento legal e institucional em Portugal	42
2.6.1. Enquadramento legal de base	42
2.6.2. Enquadramento institucional	46
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DO CONHECIMENTO	49
3.1. Introdução	49
3.2. Desenvolvimentos na identificação e avaliação do estado de erosão em margens fluviais	50
3.2.1. Protocolos de bioavaliação rápida para rios (RBPs) - US EPA	51

3.2.2.	AusRivas – Ferramenta de avaliação física dos sistemas fluviais	53
3.2.3.	Índice da Qualidade Ripária	56
3.2.4.	River Habitat Survey	58
3.2.5.	Índice de Reabilitação de Rios – IRR.....	60
3.2.6.	U.S. Army Corps of Engineers (USACE) - Waterways Experiment Station.....	63
3.2.7.	Método BANCs.....	65
3.3.	Desenvolvimentos recentes nas metodologias para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais	68
3.4.	Desenvolvimentos na monitorização de intervenções em margens fluviais	73
3.5.	Principais conclusões e linhas orientadoras	79
4.	SISTEMÁTICA DE ENQUADRAMENTO DA ESTABILIZAÇÃO DE MARGENS.....	83
4.1.	Introdução: objetivos de base.....	83
4.2.	Definição do esquema geral.....	85
4.3.	Identificação e Avaliação do Estado da Margem - 1ª Etapa	86
4.4.	Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens - 2ª Etapa	88
4.5.	Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais - 3ª Etapa	91
5.	SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS FLUVIAIS.....	95
5.1.	Introdução	95
5.2.	Caracterização de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais	96
5.3.	Proposta de critérios para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais.....	104
5.3.1.	Enquadramento base	104
5.3.2.	Descrição e justificação dos critérios de seleção e complementares propostos	105
5.4.	Síntese	113
6.	MONITORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM MARGENS FLUVIAIS	115
6.1.	Introdução	115
6.2.	Linhas de orientação para uma base sistemática de monitorização	116
6.2.1.	Enquadramento geral.....	116
6.2.2.	Diretrizes a seguir no pós-intervenção.....	117
6.3.	Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação.....	122
6.4.	Síntese	124

7. CASOS DE ESTUDO	127
7.1. Introdução / Contextualização	127
7.2. Casos de estudo: Caracterização geral do estado das margens.....	128
7.2.1. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Antuã (Estarreja)	129
7.2.2. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Cértima (Anadia)	131
7.2.3. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Lis (Leiria)	135
7.2.4. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Arunca (Pombal)	138
7.3. Casos de estudo: Monitorização de intervenções em margens fluviais	141
7.3.1. Rio Lima (Viana do Castelo)	141
7.3.2. Ribeira da Granja (Porto)	147
7.3.3. Ribeira de Odelouca (Odelouca - Silves)	151
7.3.4. Ribeira de Algibre (Loulé).....	155
8. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	159
8.1. Introdução	159
8.2. Resultados de caracterização geral do estado das margens e seleção de soluções técnicas de intervenção adequadas	159
8.2.1. Rio Antuã.....	162
8.2.2. Rio Cértima	167
8.2.3. Rio Lis	173
8.2.4. Rio Arunca	184
8.2.5. Síntese.....	187
8.3. Resultados de monitorização do estado de conservação de soluções técnicas de intervenção e análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal expectável.....	189
8.3.1. Rio Lima (Cardielos e Portuzelo)	189
8.3.2. Ribeira da Granja	193
8.3.3. Ribeira de Odelouca.....	196
8.3.4. Ribeira de Algibre.....	199
8.3.5. Síntese.....	202
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURO	203
9.1. Sumário e principais conclusões	203
9.2. Recomendações futuras	205

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	207
ANEXOS	219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – As diversas dimensões da gestão integrada dos recursos hídricos (adaptado de Hipólito & Vaz, 2011)	8
Figura 2 – Problemas e as correspondentes pressões e impactos ambientais, sociais e económicos recorrentes nos recursos hídricos de superfície (adaptado de Teiga, 2011)	9
Figura 3 – Fatores que influem na integridade dos sistemas fluviais (adaptado de Karr & Chu, 2000)	10
Figura 4 – Fatores que determinam a morfologia e dinâmica de um sistema fluvial, ao nível de uma bacia hidrográfica (adaptado de Tánago & Jalón, 1998)	11
Figura 5 – Vista em Planta e em Perfil Longitudinal de um curso de água (Adaptado de Maia, 2011)	12
Figura 6 - Desenvolvimento de um curso de água (adaptado de FISRWG, 1998)	13
Figura 7 - Planícies de inundação (adaptado de FISRWG, 1998)	14
Figura 8 - Esquema resumo do tipo de escoamentos em superfície livre	15
Figura 9 - Esquema de forças atuantes numa partícula, sendo: R – forças de atrito que impõem uma resistência ao deslocamento; FC – força erosiva da corrente; W – Peso próprio que pode ser dividido em duas componentes, uma normal (W_n) e outra tangencial (W_t), (adaptado de Cortes, 2004)	16
Figura 10 - Variação da tensão tangencial com a profundidade (adaptado de Cardoso, 1998)	17
Figura 11 - Perfil transversal esquemático de velocidades num canal de escoamento em superfície livre (Adaptado de Yen, 2002)	18
Figura 12 - Variação longitudinal da velocidade do escoamento num troço de rio (adaptado de Oliveira, 2006)	20
Figura 13 - a) Processos de erosão e deposição num curso de água natural (adaptado de FISRWG, 1998 in Oliveira, 2006); b) Distribuição das velocidades da corrente para diversos segmentos de um troço do rio (adaptado de FISRWG, 1998)	21
Figura 14 - Variação velocidade / dimensão média das partículas ao longo do curso de água (adaptado de FISRWG, 1998 in Lemos, 2008)	26
Figura 15 - Sumário da revisão bibliográfica realizada sobre os processos erosivos em margens de rios (adaptado de Rinaldi & Darby, 2008)	28
Figura 16 - Esquema auxiliar de medição de ângulos da margem: a) margens com ângulos inferiores a 90° ; b) margens com ângulos iguais ou superiores a 90° (adaptado de Rosgen, 2001)	30
Figura 17 – Avaliação dos mecanismos de rotura e principais causas, de instabilidade da margem, com base nas condições <i>in situ</i> (adaptado de Cramer, 2002)	33
Figura 18 - Mecanismo de rotura típico para margens com altura superior a 5m e com taludes verticais: Antes - Abertura da 1ª fenda vertical; Depois - Início do escorregamento pela base; Rotura rotacional do material da margem; Deposição do material junto ao pé do talude (adaptado de Escameia, 1998).	33
Figura 19 - Mecanismo de rotura típico para margens com altura superior a 5m e com talude com ângulo inferior a 90° (adaptado de Escameia, 1998)	34
Figura 20 - Mecanismo de rotura típico para margens de baixa altura e com material estratificado (adaptado de Escameia, 1998)	35

Figura 21 – Ilustração de pontos de erosão pontual em margens provocados por pressões localizadas (adaptado de Cramer, 2002)	36
Figura 22 - Remoção do material da base da margem (adaptado de Cramer, 2002).....	37
Figura 23 – Coeficiente de majoração de tensão de arrastamento em curve. O gráfico mostra o aumento da tensão de arrastamento com a diminuição do raio de uma curva (adaptado de Cramer, 2002)	37
Figura 24 – Causas que dão origem aos processos de instabilidade baseados nas condições de maior alcance (adaptado de Cramer, 2002).....	38
Figura 25 - Sequência de trabalho sugerida para um local de amostragem (adaptado de Parsons <i>et al.</i> , 2002). 55	
Figura 26 – Atributos que caracterizam a estrutura física das zonas ripárias (adaptado de Tánago & Jálón, 2006)	57
Figura 27 – Ilustração esquemática de um transepto pela análise do método River Habitat Survey (adaptado de Raven <i>et al.</i> , 1998)	59
Figura 28 - a) Exemplo do modo de recolha de dados em campo para um troço do rio a caracterizar: P1, P2 e P3 – secções de caracterização com 10×10 metros; b) Exemplo da secção de caracterização (adaptado de Teiga, 2011).....	60
Figura 29 - Evolução conceptual da eficácia das soluções técnicas de engenharia natural (com e sem manutenção) ao longo do tempo, quando comparadas com as soluções técnicas de engenharia tradicional e situações de não intervenção (adaptado de Palmeri, 2007).	78
Figura 30 – Esquema geral da proposta de metodologia (1ª Etapa: Identificação e Avaliação do Estado da Margem; 2ª Etapa: Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens; e 3ª Etapa: Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais)	86
Figura 31 - Exemplo do âmbito de aplicação da metodologia de identificação e avaliação do estado da margem	87
Figura 32 – Possíveis classificações qualitativas do estado das margens	88
Figura 33 – Esquema de ação da proposta de metodologia de monitorização de intervenções em margens fluviais.....	92
Figura 34 – Modelo conceptual de gestão adaptativa aplicado às intervenções fluviais (adaptado de Jackson & Clunie, 2014).....	93
Figura 35 – Evolução conceptual no tempo do desempenho teórico-expectável (componentes física e/ou ecológica) para os diferentes grupos de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais (adaptado de Pinto <i>et al.</i> , 2016).	101
Figura 36 – Comparação dos custos associados à implementação das soluções técnicas - TET e TEN (adaptado de Fernandes & Freitas, 2011).....	102
Figura 37 – Diferentes níveis de aplicabilidade de intervenção dos três grandes grupos de soluções técnicas (TET, TEN e TC), de acordo com a inclinação das margens (adaptado de Maia <i>et al.</i> , 2013)	106
Figura 38 - Gama de valores de inclinação da margem abrangidos pelas soluções técnicas de intervenção (critério iii)	106

Figura 39 – Adequabilidade de aplicação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta a altura da margem (traço contínuo). Adequabilidade de aplicação de soluções técnicas de intervenção complementares (traço descontínuo) – (Critério iv)	107
Figura 40 – Gama de valores de velocidade da corrente admissível para cada solução técnica de intervenção (Critério v).....	108
Figura 41 – Gama de valores de tensões de arrastamento admissíveis para cada solução técnica de intervenção (Critério vi).....	108
Figura 42 – Adequabilidade de aplicação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta o tipo de material da margem (Critério vii)	109
Figura 43 – Tipificação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta a necessidade de utilização equipamentos pesados para a construção e espaço disponível na zona envolvente às margens (Critério viii) .	109
Figura 44 – Adequabilidade de aplicação das soluções técnicas de intervenção em função da tipologia de erosão que esteja a ocorrer no local de intervenção (Critério ix)	110
Figura 45 – Gama de valores de custos unitários para a implementação de cada técnica (€/unidade de medida) – (Critério x).....	111
Figura 46 – Tipificação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta a variação do custo unitário de intervenção com a disponibilidade de materiais vivos (Critério xi).....	111
Figura 47 – Tipificação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta o impacto estético/paisagístico após a intervenção (Critério xiii)	112
Figura 48 – Adequabilidade de cada solução técnica ao período de construção (mês) ao longo do ano (traço contínuo); Adequabilidade de construção da estrutura inerte da solução técnica de intervenção ao período de construção (mês) ao longo do ano (traço descontínuo) – (Critério xiv).....	113
Figura 49 – Localização do caso de estudo: Rio Antuã (Bacia Hidrográfica do rio Vouga)	129
Figura 50 - Zona de estudo: Rio Antuã (Estarreja): Montante para Jusante (Ponto P1, P2 e P3).....	130
Figura 51 – Rio Antuã (Estarreja) – Fotografias 1 e 2 - vista de montante (Ponto P1); Fotografia 3 e 4 – vista de jusante (Ponto P1)	131
Figura 52 – Localização do caso de estudo: Rio Cértima (Bacia Hidrográfica do rio Vouga)	132
Figura 53 - Zona de estudo: troço entre a Ponte de Arcos (P1) e Ponte da Canha (P3).....	133
Figura 54 – Rio Cértima (Fotografia 1 e 2 – Margem direita junto à Pte. Arcos; Fotografia 3 – Margem esquerda junto à Pte. Mogofores; e Fotografia 4 – Margem direita junto à Pte. Canha)	134
Figura 55 - Localização do caso de estudo: Rio Lis – Carreira (Bacia Hidrográfica do rio Lis).....	135
Figura 56 – Delimitação da zona de estudo: Rio Lis	136
Figura 57 – Rio Lis (Carreira) – Fotografias 1 e 2 - Vista de montante do Ponto P1.....	137
Figura 58 – Erosões das margens no troço de rio em estudo: Rio Lis (Carreira): Fotografia 1 - Margem direita no ponto de amostragem (P1); Fotografia 2 – Vista de Jusante no ponto de amostragem (P2); e Fotografia 3 – Margem esquerda no ponto de amostragem (P3)	137
Figura 59 – Localização do caso de estudo: Rio Arunca (Bacia Hidrográfica do rio Mondego)	138
Figura 60 - Zona de estudo: troço de rio na cidade de Pombal (Ecopista assinalada na linha amarela).....	140

Figura 61 – Rio Arunca (Fotografia 1 – Vista de montante da margem direita; Fotografia 2 – Vista de montante da margem esquerda).....	141
Figura 62 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Lima em território nacional.....	142
Figura 63 – Localização da zona de estudo, com indicação pontos alvo de monitorização: Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo e pontos de referência: Viana do Castelo (a jusante) e Ponte de Lanheses (a montante)	143
Figura 64 – Localização da zona de estudo em Cardielos: Ação Emergente – 900 metros; Ação de consolidação e valorização paisagística e ambiental realizada – 300 metros.	144
Figura 65 – Localização da zona de estudo em Sta. Marta de Portuzelo: Postes de linhas de alta tensão identificados com dois círculos vermelhos	146
Figura 66 – Localização da bacia hidrográfica da ribeira da Granja no concelho do Porto. As zonas de estudo – troços da Quinta do Rio e do Viso – encontram-se identificados com o círculo a vermelho (adaptado de AdP, 2011).	148
Figura 67 – Localização das zonas de estudo na ribeira da Granja: Quinta do Rio (troço a montante) e Viso (troço a jusante)	149
Figura 68 – Localização da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Odelouca.....	151
Figura 69 – Localização da zona de estudo, com indicação a vermelho dos pontos alvo de monitorização na ribeira de Odelouca (sentido: montante – jusante) (adaptado de Cortes <i>et al.</i> , 2013)	153
Figura 70 - Localização da bacia hidrográfica da ribeira de Algibre na região hidrográfica do Algarve (identificada a mancha azul) (adaptado de Silva, 2008)	156
Figura 71 – Localização da zona de estudo a jusante da Ponte de Tôr – Querença, Loulé.	157
Figura 72 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Antuã (P1) (vista de montante): Opção 1- Defletor vivo; Estacaria viva e Geomalha.....	165
Figura 73 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Antuã (P2) (vista de montante): Opção 1- Geocélulas; Geomalha; Manta Orgânica; e, Hidrossementeira.	166
Figura 74 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Antuã (P2) (vista de montante): Opção 2- Grade viva; Geomalha; Manta Orgânica; e, Hidrossementeira.	166
Figura 75 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Cértima (P1) (vista de jusante): Opção 1- Entrançado vivo; Geomalha; e, Manta Orgânica.	170
Figura 76 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Cértima (P1) (vista de jusante): Opção 2- Faxina viva; Geomalha; e, Manta Orgânica.....	170
Figura 77 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Cértima (P2) (vista de montante): Opção 1- Entrançado vivo; Geomalha; e, Manta Orgânica (primeiro patamar); Faxina viva; e, Estacaria viva (segundo patamar).....	172
Figura 78 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Cértima (P2) (vista de montante): Opção 2- Muro vivo (cribwall) (primeiro patamar); Estacaria viva, Geomalha e, Manta Orgânica (segundo patamar).	172
Figura 79 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P1) (vista de montante/jusante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Estacaria viva (segundo patamar).	177

Figura 80 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P ₁) (vista de montante/jusante): Opção 2- Muro de gabião vivo (primeiro patamar); e, Estacaria viva (segundo patamar). 177	177
Figura 81 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Lis (P ₂) (vista de jusante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar). 179	179
Figura 82 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Lis (P ₂) (vista de jusante): Opção 2- Muro vivo (<i>cribwall</i>) (primeiro patamar); e, Esteira viva (segundo patamar). 179	179
Figura 83 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Lis (P ₂) (vista de montante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar). 181	181
Figura 84 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Lis (P ₂) (vista de montante): Opção 1- Muro de gabião vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar). 181	181
Figura 85 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P ₃) (vista de montante/jusante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar). 183	183
Figura 86 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P ₃) (vista de montante/jusante): Opção 2- Muro vivo (<i>cribwall</i>) (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar). 183	183
Figura 87 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Arunca (P ₂) (vista de montante/jusante): Opção 1- Grade viva; e, Hidrossementeira. 186	186
Figura 88 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Arunca (P ₂) (vista em alçado): Opção 2- Esteira viva. 187	187
Figura 89 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço de Cardielos do rio Lima: (1) imediatamente após a fase de construção, em outubro de 2012; (2) aquando da 1ª visita, em maio de 2013; (3) aquando da 2ª visita, em novembro de 2014; e, (4) à data da 3ª visita, realizada em junho de 2016 189	189
Figura 90 – Zona de confluência da ribeira de Nogueira com a margem direita do rio Lima (a jusante do troço intervencionado) e extensão a montante do troço de Cardielos no rio Lima, à data da 3ª visita realizada em junho de 2016. 190	190
Figura 91 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço de Sta. Marta de Portuzelo do rio Lima: (1) imediatamente após a fase de construção, em outubro de 2012; (2) aquando da 1ª visita, em maio de 2013; (3) aquando da 2ª visita, em novembro de 2014; e, (4) à data da 3ª visita, realizada em junho de 2016 191	191
Figura 92 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação ao rio Lima 192	192
Figura 93 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas nos dois troços da ribeira da Granja: (1) imediatamente após a fase de construção, em março de 2012; (2) aquando da 1ª visita, em abril de 2014; (3) aquando da 2ª visita, em junho de 2015; e, (4) à data da 3ª visita, realizada em junho de 2016. 194	194

Figura 94 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação à ribeira da Granja.....	195
Figura 95 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço 1 da ribeira de Odelouca: (1) antes da intervenção, em junho de 2011; (2) na fase de construção, em abril de 2012; (3) aquando da 1ª ação de monitorização, em julho de 2014; e, (4) à data da 2ª ação de monitorização, realizada em junho de 2016	196
Figura 96 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço 2 da ribeira de Odelouca: (1) antes da intervenção, em junho de 2011; (2) na fase de construção, em maio de 2012; (3) aquando da 1ª ação de monitorização, em julho de 2014; e, (4) à data da 2ª ação de monitorização, realizada em junho de 2016	197
Figura 97 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço 3 da ribeira de Odelouca: (1) antes da intervenção, em junho de 2012; (2) imediatamente após a fase de construção, em novembro de 2012; (3) aquando da 1ª ação de monitorização, em julho de 2014; e, (4) à data da 2ª ação de monitorização, realizada em junho de 2016.....	198
Figura 98 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação à Ribeira de Odelouca (adaptado de Pinto <i>et al.</i> , 2016)	198
Figura 99 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço da Ribeira de Algibre: (1) antes da intervenção, em junho de 2005; (2) imediatamente após a fase de construção, em julho de 2006 (APA-Algarve, 2012); (3) cerca de quatro anos após, em janeiro de 2010 (Google Earth, 2014)); e, (4) à data da última ação de monitorização, realizada em junho de 2016	200
Figura 100 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação à Ribeira de Algibre (adaptado de Pinto <i>et al.</i> , 2016).....	201

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Expressões da distribuição de velocidades: Regime turbulento com superfície lisa e rugosa (Graf & Altinakar, 1998)	19
Quadro 2 - Coeficientes de majoração da tensão crítica do material da margem tendo em conta o coberto da vegetação (Julian & Torres, 2006).	31
Quadro 3 - Coeficientes de tensão crítica do material da margem tendo em conta a percentagem da área do talude que é revestido por coberto da vegetação (Julian & Torres, 2006).	32
Quadro 4 - Competências de diferentes entidades e organismos na gestão da água em Portugal, em especial em matérias de erosões em sistemas fluviais (adaptado de Vivas, 2011)	46
Quadro 5 – Ficha de avaliação da estabilidade da margem – Ficha (viii) (adaptado de Barbour <i>et al.</i> , 1999)	52
Quadro 6 - Lista de variáveis de controlo da ferramenta de avaliação de rios - AusRivas (adaptado de Parsons <i>et al.</i> , 2002).....	54
Quadro 7 - Lista de variáveis de resposta da ferramenta de avaliação de rios - AusRivas (adaptado de Parsons <i>et al.</i> , 2002).....	54
Quadro 8 - Componentes de avaliação do Índice de Reabilitação de Rios (IRR) (adaptado de Teiga, 2011).....	61
Quadro 9 - Parâmetros de caracterização geomorfológica ao nível da bacia hidrográfica (adaptado de Teiga, 2011).....	62
Quadro 10 - Parâmetros de caracterização geomorfológica ao nível da bacia hidrográfica (adaptado de Teiga, 2011).....	63
Quadro 11 – Recolha e compilação de informação (Biedenharn <i>et al.</i> , 1997).....	64
Quadro 12 – Visita de Campo (adaptado de Biedenharn <i>et al.</i> , 1997).....	65
Quadro 13 – Método BANCs: Tabela com os valores numéricos para a atribuição da categoria de risco BEHI (adaptado de Rosgen, 2001)	66
Quadro 14 – Método BANCs: Categorias de risco do BEHI (adaptado de Rosgen, 2001).	67
Quadro 15 – Método BANCs: Tabela com os valores para a atribuição da categoria de risco de NBS (adaptado de Rosgen, 2001)	67
Quadro 16 – Resumo dos diferentes tipos de monitorização e os meios necessários para a sua implementação (INAG, 2005; Almeida <i>et al.</i> , 2009; Rinaldi <i>et al.</i> , 2010; APA, 2015).....	74
Quadro 17 – Tipos de monitorização (adaptado de Cramer, 2012)	75
Quadro 18 – Níveis de esforço de monitorização (adaptado de Biedenharn <i>et al.</i> , 1997; Rutherford <i>et al.</i> , 2000; FISRWG, 2001; Cramer, 2012))	75
Quadro 19 – Principais parâmetros de monitorização fluvial a avaliar, para diferentes componentes (Biedenharn <i>et al.</i> , 1997; Hammond <i>et al.</i> , 2011)	76
Quadro 20 - Descrição geral das categorias e parâmetros considerados para a identificação e avaliação do estado da margem (ao nível da bacia hidrográfica e troço de rio).....	87
Quadro 21 – Soluções técnicas de intervenção em margens fluviais.....	89

Quadro 22 - Procedimento por etapas para a aplicação das matrizes de avaliação (adaptado de Cramer, 2002)	90
Quadro 23 – Principais soluções técnicas de estabilização de margens fluviais correspondentes a cada grupo: TET; TEN e TC	96
Quadro 24 – Análise SWOT de cada grupo de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais.	98
Quadro 25 – Principais objetivos da aplicação das soluções técnicas de intervenção em margens e efeitos pretendidos (diretos e indiretos) (adaptado de Cramer, 2002; Mas, 2008; Teiga, 2011)	99
Quadro 26 – Correspondência entre as problemáticas fluviais existentes e as soluções técnicas de intervenção em margens fluviais capazes de as solucionar (adaptado de Mas, 2008)	99
Quadro 27 – Exemplo de ficha de caracterização individual das soluções técnicas de intervenção em margens, sintetizando um conjunto de especificações técnicas (exemplo: muro de suporte vivo – cribwall) (adaptado de Gray & Sotir, 1996; Zeh, 2007; Mas, 2008; Fernandes & Freitas, 2011; Teiga, 2011)	103
Quadro 28 – Monitorização de intervenções em margens fluviais (passo 1): Exemplo dos resultados da análise da caracterização prévia da intervenção realizada no troço da ribeira de Algibre	118
Quadro 29 – Monitorização de intervenções em margens fluviais (passo 3): Exemplo dos resultados da análise e diagnóstico do comportamento dos diferentes tipos de materiais utilizados nas soluções técnicas implementadas na margem e talude no troço da ribeira de Algibre (visita de campo realizada em Junho 2016)	119
Quadro 30 – Exemplo de entidades públicas e/ou privadas possíveis de comunicar os resultados das ações de monitorização de intervenções em margens	120
Quadro 31 – Monitorização de intervenções em margens fluviais (passo 5): Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização de margens implementadas: F (componente física); E (componente ecológica)	121
Quadro 32 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação de intervenções de estabilização de margens (adaptado de BS – EN 14614:2004; CSN – EN 15843:2010).	123
Quadro 33 – Quadro-resumo dos troços alvo de monitorização na ribeira de Odelouca no âmbito da estabilização de margens à data da visita de campo realizada em Junho 2016.	154
Quadro 34 – Exemplo de quadro-resumo (modelo) da caracterização geral do estado das margens para o troço e rio em análise.	160
Quadro 35 – Exemplo de quadro-resumo (modelo) do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção adequadas/inadequadas e de critérios complementares de apoio à decisão tendo em conta a componente económica e os objetivos da intervenção (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).	161
Quadro 36 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Antuã (Estarreja) - Novembro 2014.	162
Quadro 37 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (Soluções técnicas adequadas indicadas: cor – verde, ou; Soluções técnicas inadequadas indicadas: cor - vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica) – Rio Antuã: P ₁ (Margem direita); P ₂ (Margem Esquerda).	163

Quadro 38 – Proposta de intervenção no ponto de amostragem (P ₁ – margem direita) acompanhada de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).	164
Quadro 39 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P ₂ – margem esquerda) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).	165
Quadro 40 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Cértima (Anadia) - Novembro 2014.	167
Quadro 41 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (Soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica; (**) Indica a necessidade de modelação da margem de modo a diminuir a inclinação do talude – Rio Cértima: P ₁ (Margem Direita); P ₂ (Margem Esquerda).	168
Quadro 42 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P ₁ – margem direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).	169
Quadro 43 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P ₂ – margem esquerda) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).	171
Quadro 44 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Lis (Leiria) - novembro 2014.	173
Quadro 45 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (Soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica) – Rio Lis: P ₁ (Margens Esquerda e Direita); P ₂ (Margem Esquerda).	174
Quadro 46 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica; (**) Indica a necessidade de modelação da margem de modo a diminuir a inclinação do talude – Rio Lis: P ₂ (Margem Direita); P ₃ (Margens Esquerda e Direita).	175
Quadro 47 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P ₁ – Margens Esquerda / Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).	176

Quadro 48 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – Margem Esquerda) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).....	178
Quadro 49 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – Margem Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).....	180
Quadro 50 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P3 – Margens Esquerda / Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).....	182
Quadro 51 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Arunca (Estarreja) - Novembro 2014.....	184
Quadro 52 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica; (**) Indica a necessidade de modelação da margem de modo a diminuir a inclinação do talude – Rio Arunca: P2 (Margens Esquerda e Direita).....	185
Quadro 53 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – Margens Esquerda / Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no <i>habitat</i> pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).....	186
Quadro 54 – Soluções técnicas de estabilização de margens selecionadas como opção de intervenção para cada caso de estudo: Rio Antuã; Rio Cértima; Rio Lis; e, Rio Arunca.....	188
Quadro 55 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação das intervenções de estabilização de margens realizadas nos dois troços do rio Lima	193
Quadro 56 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação das intervenções de estabilização de margens realizadas nos dois troços da ribeira da Granja	195
Quadro 57 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação das intervenções de estabilização de margens realizadas nos três troços da Ribeira de Odelouca	199
Quadro 58 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação da intervenção de estabilização de margens realizada na Ribeira de Algibre	201

LISTA DE ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ARH – Administração de Região Hidrográfica

BANCS – *Bank Assessment for Non-Point Source Consequences of Sediment*

BEHI – *Bank Erosion Hazard Index*

CNA – Conselho Nacional da Água

CRH - Conselho de Região Hidrográfica

DQA – Diretiva Quadro da Água

EPA – *Environmental Protection Agency*

EUA – Estados Unidos da América

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Fr – Número de Froude

GRH – Gestão de Recursos Hídricos

HMS – *Habitat Modification Score*

HQA – *Habitat Quality Assessment*

IECA – *International Erosion Control Association*

INAG – Instituto da Água, I.P.

IRR – Índice de Reabilitação de Rios

NBS – *Near Bank Shear Stress*

PEGA – Plano Específico de Gestão da Água

PGBH – Plano Gestão de Bacia Hidrográfica

PGRH – Plano Gestão de Região Hidrográfica

Re – Número de Reynolds

RHS – *River Habitat Survey*

RQI – *Riparian Quality Index*

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*

TC – Técnicas Combinadas

TEN – Técnicas de Engenharia Natural

TET – Técnicas de Engenharia Tradicional

UE – União Europeia

USACE – *U.S. Army Corps of Engineers*

τ – Tensão total

τ_0 – Tensão de arrastamento

τ_c – Tensão crítica de arrastamento

τ_i – Tensão tangencial devida à viscosidade dinâmica

τ_t – Tensão tangencial aparente devida às flutuações turbulentas da velocidade

γ – Peso volúmico da água

R ou R_h – Raio hidráulico

J – Inclinação da superfície livre da água

y – Distância ao fundo do leito

δ' – Espessura da subcamada viscosa

ρ – Massa volúmica da água

u^* – Velocidade de atrito

u – Velocidade medida pontualmente

K – Constante de *Van Karman*

z' – Altura medida a partir do fundo do leito

k_s – Rugosidade uniforme do fundo do leito

ν – Viscosidade cinemática da água

B – Constante aditiva variável, em função do tipo de fronteira (lisa ou rugosa)

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

As linhas de água e as suas margens são a base de ecossistemas ribeirinhos, os quais suportam populações vegetais, animais e humanas, fornecendo bens económicos e serviços ambientais e sociais. Devido à sua função delimitadora do canal, as margens fluviais são particularmente afetadas por um fenómeno natural, a erosão, resultante do processo de adaptação do rio ao vale em que se situa ou às condições do escoamento. Esta constante adaptação pode fazer parte do ciclo natural do rio ou pode resultar da intervenção Humana, explorando as múltiplas funções e utilizações possíveis do solo ao longo das margens.

Nos últimos anos, por todo o mundo, tem havido uma crescente consciencialização e sensibilização, por parte da comunidade civil e científica, sobre o estado de degradação dos sistemas ribeirinhos e a necessidade de fazer algo para alterar esse rumo. A implementação da Diretiva-Quadro da Água (DQA), em 2000, transposta para o direito nacional pela Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro (na sua última redação dada pela Lei n.º 130/2012, de 22 de junho), e que tem como objetivo defender os ecossistemas fluviais e a qualidade da água, foi um ponto de viragem e alteração do paradigma da reabilitação fluvial, nomeadamente na Europa. Tal situação, despoletou o advento de diferentes metodologias de avaliação do estado hidromorfológico de um rio e de metodologias específicas para avaliação do estado de erosão das margens, bem como a proposta, desenvolvimento e teste de novas soluções técnicas para aumentar a capacidade de resistência das margens às ações do escoamento e pressões antrópicas. O envolvimento e contribuição ativa da população na tomada de decisões em intervenções fluviais, começou já a ser uma realidade, com alguns exemplos nos Estados Unidos da América e na Europa, incluindo Portugal. No entanto, continua a ser um desafio a integração da comunidade local como entidade fiscalizadora de problemas existentes e de alerta às autoridades competentes.

O controlo da erosão e estabilização de margens fluviais é desejável não só por razões ambientais, mas também por razões de segurança da população local e de proteção dos terrenos contíguos às margens. Para além disso, a erosão das margens pode ser responsável pela ocorrência de outros problemas em linhas de água (por exemplo, a qualidade da água ou a ausência de vegetação das margens) (Pinto *et al.*, 2013a, 2013b), daí a importância na definição e identificação das medidas para gestão de problemas de erosão fluvial.

Constata-se que, de uma forma geral, as intervenções de estabilização de margens fluviais são realizadas como ações específicas para resolução de um problema específico. Este facto não se compagina com os objetivos da DQA e da Lei da Água, nem com os desenvolvimentos mais recentes da investigação científica que asseveram a necessidade de uma visão holística e integrada das diferentes componentes de avaliação, em diversas escalas espaciais (Belletti *et al.*, 2015; Grabowski *et al.*, 2014; Gurnell *et al.*, 2015a, 2015b; Tánago *et al.*, 2015; England & Gurnell, 2016).

Esta dissertação surge como um documento sintetizador dos conhecimentos técnicos e científicos mais recentes, sobre os fatores que podem influenciar a estabilização de margens fluviais em resposta aos problemas de erosão. Para tal, foram realizadas diversas saídas de campo para inspeção visual de diferentes troços de rios, com a recolha de dados e constatação da influência da heterogeneidade ribeirinha na instabilidade das margens. São propostas e desenvolvidas metodologias para: (i) avaliação e caracterização do estado de erosão de uma margem; (ii) seleção de soluções técnicas de estabilização de margens fluviais; e, (iii) monitorização de intervenções de estabilização de margens já realizadas, tendo por base a legislação vigente e os últimos avanços científicos nesta área. Pretendeu-se, também, dar um contributo efetivo para trabalhos futuros com a definição da estrutura de uma base de dados que possa ser progressivamente aumentada, com informação resultante da aplicação do programa de monitorização proposto a intervenções fluviais já executadas.

1.2. Objetivos

O estudo desenvolvido nesta dissertação considera como principais objetivos:

1. Identificar e caracterizar os aspetos mais importantes do conhecimento sobre o processo erosivo de margens de rios;
2. Propor, desenvolver e aplicar uma metodologia, adaptada à realidade portuguesa, de avaliação e caracterização do estado das margens, atendendo às características específicas das mesmas e ao local de intervenção. A avaliação resultante dessa metodologia deverá contribuir com informação essencial para o processo de seleção de soluções técnicas de estabilização de margens fluviais, nomeadamente na caracterização dos critérios de seleção e complementares propostos;
3. Propor uma metodologia para monitorização de intervenções de estabilização de margens já realizadas. Para essa monitorização é considerado um conjunto de indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação, divididos pelos principais objetivos considerados numa intervenção de estabilização de margens, nomeadamente: (i) cumprimento da legislação vigente; (ii) controlo da erosão das margens; (iii) melhoria da galeria ribeirinha; (iv) melhoria da componente socioeconómica; e, por fim (v) promoção e divulgação do projeto de intervenção. O resultado dessa informação deverá servir de suporte ao processo de seleção anteriormente referido (ponto 2);

4. Desenvolver o esquema geral para a definição de uma base de dados que recolha informações sobre os principais fatores de sucesso de uma intervenção, bem como as respetivas desvantagens e limitações hidráulicas, ecológicas e físicas das soluções técnicas de intervenção implementadas. O desenvolvimento progressivo da base de dados deverá servir para que a mesma se venha a constituir como uma importante base para comparar a tendência de evolução do estado de conservação das diferentes soluções técnicas implementadas num dado intervalo temporal. A base de dados deverá também funcionar como um instrumento de gestão e conhecimento à disposição dos atores locais, favorecendo a participação ativa de todos os interessados no processo de acompanhamento e avaliação das intervenções realizadas;
5. Verificar e avaliar a aplicabilidade das metodologias propostas em casos de estudo.

O trabalho apresentado nesta dissertação deverá ser um contributo fundamental para a implementação dos Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Específicos de Gestão da Água em Portugal, nomeadamente, no que diz respeito às intervenções de estabilização de margens fluviais em resposta aos processos erosivos. Com a presente investigação pretende-se, ainda, contribuir para a concretização dos objetivos da Diretiva Quadro da Água (DQA) e da Diretiva relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações para uma gestão mais sustentável das linhas de água.

1.3. Estrutura da dissertação

A informação da presente dissertação está organizada em 9 capítulos, complementada pelas referências bibliográficas e anexos, refletindo o caminho seguido na prossecução dos objetivos descritos.

No capítulo 2 é feito um enquadramento conceptual, enquanto parte integrante da gestão de sistemas ribeirinhos, analisando a problemática das erosões nas margens de rios e/ou ribeiras. Nesse sentido procurou-se: (i) rever e sedimentar o conhecimento sobre a morfologia de rios e a hidrodinâmica fluvial, (ii) consolidar e distinguir os conceitos de base associados quer à erosão ao nível da bacia hidrográfica quer à erosão fluvial e (iii), por último, caracterizar o processo erosivo da margem, descrevendo os mecanismos causadores de instabilidade e de rotura de margens.

No capítulo 3 é efetuada uma revisão do estado do conhecimento com base na bibliografia mais recente, sistematizando os principais desenvolvimentos ao nível de: (i) metodologias para identificação e avaliação do estado de erosão das margens; (ii) metodologias para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens; e, (iii) linhas de orientação para a monitorização fluvial. Nos dois primeiros casos é efetuada uma revisão das metodologias mais relevantes a nível mundial, destacando as respetivas potencialidades e limitações da sua aplicação. No caso das linhas de orientação de monitorização fluvial são igualmente destacados os diferentes tipos de monitorização e elencadas as principais linhas de orientação na aplicação de programas de monitorização.

No capítulo 4 é apresentada uma sistemática de enquadramento da estabilização de margens, com a proposta da metodologia geral. Como objetivo específico considera-se que a metodologia deverá assentar no uso de uma ferramenta de atuação em campo, para avaliação e caracterização do estado da margem e consequente seleção de soluções técnicas de estabilização. A par dessa avaliação é descrita a metodologia proposta para monitorização de intervenções fluviais já realizadas, cujo objetivo é fornecer informações, na fase de seleção de soluções técnicas, sobre o desempenho observado ao longo do tempo de soluções implementadas.

O capítulo 5 descreve e caracteriza, de forma sucinta, as diferentes soluções técnicas de intervenção adotadas neste trabalho, procurando justificar a tipificação dessas soluções, através dos diferentes critérios de seleção e complementares propostos.

O capítulo 6 descreve com pormenor a metodologia proposta para a monitorização de intervenções de estabilização de margens já realizadas. Aqui se apresentam as diretrizes a seguir na fase pós-intervenção, bem como o conjunto de indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação a aplicar, de uma forma expedita, como forma de complemento e reforço à análise efetuada.

No capítulo 7 são delimitados e caracterizados os diferentes casos de estudo. Apresenta-se uma caracterização global genérica da bacia hidrográfica de cada caso de estudo, destacando as características gerais e climáticas. Em seguida, efetua-se uma caracterização às zonas de estudo/intervenção, com referência a características específicas do local, tanto ao nível hidrogeomorfológico, como ao nível ecológico.

No capítulo 8 é feita uma análise e discussão dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia geral proposta, divididos de acordo com as análises e abordagens realizadas. Um grupo de resultados está relacionado com a avaliação e caracterização do estado da margem, com a consequente aplicação do processo de seleção de soluções técnicas; outro grupo de resultados relativo à aplicação da metodologia de monitorização a intervenções de estabilização de margens já realizadas. No final de cada subcapítulo, relativo a cada categoria de casos de estudo, é apresentada uma síntese desses resultados.

Por último, no capítulo 9 são apresentadas as principais conclusões decorrentes dos temas abordados e propostas linhas de orientação e recomendações para potenciais melhoramentos e desenvolvimentos futuros do trabalho agora apresentado.

2. ENQUADRAMENTO E CONCEITOS DE BASE

2.1. Geral

A água é um recurso natural com características muito especiais. Constitui, o ponto fulcral da interdependência humana de qualquer sociedade – um recurso partilhado que serve a agricultura, a indústria, os consumidores domésticos e o meio ambiente. Sendo, um dos elementos mais complexos e contraditórios da natureza é considerado indispensável, mas também ameaça – por isso, desde sempre, um desafio o seu controlo, utilização e usufruto.

As projeções de crescimento da população global, que antecipam um aumento de dois a três biliões de pessoas para os próximos 40 anos, representam um aumento exponencial de pressões sobre os ecossistemas e recursos naturais (ONU, 2012). Reconhecendo que a quantidade de água doce disponível para utilização humana está restrita a menos de 1% de toda a água existente no planeta e que esta depende da continuidade do funcionamento saudável dos ecossistemas é premente a valorização destes recursos, com a implementação de estratégias para a gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos (Hipólito & Vaz, 2011; ONU, 2012).

Consciente da importância da água, nas suas diversas valências, a Assembleia das Nações Unidas proclamou o período 2005-2015 como Decénio Internacional para a ação “Água, fonte de vida” (Resolução A/RES/58/217). E determinou o ano de 2013 como o Ano Internacional de Cooperação pela Água, no seguimento da Conferência Rio+20 (Resolução A/RES/65/154), estabelecendo que a principal tarefa que a comunidade internacional enfrenta, no campo dos recursos hídricos, é a transformação de obrigações assumidas, em ações concretas que devem ser implementadas para benefício das pessoas, dos ecossistemas e da biodiversidade de uma forma geral.

Em Portugal, a Lei da Água (Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, na sua última redação dada pela Lei n.º 130/2012, de 22 de junho) transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva Quadro da Água (DQA - Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro), que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. Como resultado foram elaborados os Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) que englobam um ou mais Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica (PGBH), enquanto instrumentos de planeamento dos recursos hídricos que visam a gestão, a proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível das bacias hidrográficas integradas numa região hidrográfica (APA, 2015).

O primeiro ciclo de planeamento dos recursos hídricos correspondeu a elaborar oito PGRH's de âmbito espacial alargado a todo o país, de aplicação temporal máxima de 6 anos e vigentes até ao final do ano 2015. Cumprindo o calendário da DQA iniciou então o segundo ciclo de planeamento, para o que foram preparados novos PGRH, vigentes até 2021, entretanto aprovados pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 52/2016 de 20 de setembro. Estes documentos são um veículo para reportar à Comissão Europeia, a aplicação da DQA no território sob jurisdição do respetivo PGRH, constituindo-se como uma ferramenta de informação, participação e desenvolvimento ambiental e socioeconómico (APA, 2016).

2.2. Gestão de Recursos Hídricos

O objeto de investigação na Gestão de Recursos Hídricos (GRH), no seu conceito principal é assegurar o desenvolvimento do território nas suas diversas vertentes, nomeadamente a social, a económica e a ambiental. Segundo Hipólito & Vaz (2011), a “gestão integrada dos recursos hídricos é uma necessidade originada pela complexidade das interações entre as diversas utilizações da água e as consequências sociais, económicas e ambientais daí decorrentes”.

Um sistema fluvial oferece ao Homem água suscetível de ser engarrafada e aproveitada para o consumo doméstico. Os rios oferecem, também, uma série de recursos e valores cada vez mais apreciados (produção de energia; pesca como alimento e atividade desportiva; vegetação aquática; valor recreativo, paisagístico, científico e cultural), cuja fruição e conservação originam um conflito entre os usos que se fazem da água.

Assim, como o presente trabalho é particularmente dedicado aos recursos hídricos superficiais, irá ser feita uma contextualização inicial do paradigma de gestão dos recursos hídricos a nível mundial, com uma breve descrição da evolução histórica; será, também, brevemente abordada a caracterização dos sistemas fluviais e sua importância, ao nível global.

2.2.1. Breve perspectiva histórica

A revolução industrial, que iniciou no século XVIII, trouxe prosperidade social e económica, mas também marcou uma mudança importante em termos de impacto da humanidade sobre os sistemas da Terra. Esta mudança é agora referida como o *Antropoceno* (período mais recente na história do Planeta Terra, apontado para o seu início o final do século XVIII, quando as atividades humanas começaram a ter um impacto global significativo no clima da Terra e no funcionamento dos seus ecossistemas) (Boggardi *et al.*, 2012).

Tal como referido em Hipólito & Vaz (2011) a gestão da água ou dos recursos hídricos teve um grande impulso a partir da década de 60 do século passado, em consequência da dificuldade sentida em balancear a procura crescente da água, associada ao crescimento populacional e ao

desenvolvimento económico, com a disponibilidade e oferta de água. A falta de equilíbrio do balanço entre a procura e a oferta de água levou a alterações importantes na forma de pensar e gerir a água (Wurbs, 2013).

Desde o início da década de 1970, uma série de eventos e documentos importantes promoveram uma abordagem integrada para o desenvolvimento sustentável. A Conferência de 1972 das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente considerou a necessidade de uma visão comum para a preservação e melhoria do ambiente (UN, 1972). A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento avançou no seu relatório esta temática como "Nosso Futuro Comum", com especial ênfase no desenvolvimento sustentável, na promoção da harmonia entre os seres humanos, a humanidade e a natureza.

Um outro momento importante foi a Conferência Internacional sobre Água e o Meio Ambiente, que teve lugar em Dublin, em 1992, que resultou no desenvolvimento de quatro princípios orientadores (ICWE, 1992; Hipólito & Vaz, 2011). Esses princípios, comumente referidos como os princípios de Dublin, defendem que:

1. A água doce é um recurso finito, dotado de valor económico e com implicações sociais;
2. As comunidades locais devem participar de forma ativa na gestão da água;
3. O desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos devem envolver os utentes da água, planificadores e fazedores de políticas, a todos os níveis;
4. As mulheres desempenham um papel muito importante na gestão e preservação dos recursos hídricos.

Esses desenvolvimentos levaram à declaração do Rio e à adoção da Agenda 21, que é um plano de ação global a ser implementado a nível global, nacional e local em todas as áreas em que a humanidade tem impacto sobre o meio ambiente (UN, 1992). Essa declaração, tornou-se, posteriormente, o modelo para o desenvolvimento sustentável em todo o mundo (Spangenberg *et al.*, 2002). Alguns dos aspetos mais importantes nesse plano dizem respeito a (Spangenberg *et al.*, 2002; Hipólito & Vaz, 2011):

- Programas, planos e estratégias nacionais e regionais para a gestão integrada das bacias hidrográficas e água subterrânea;
- Medidas para aumentar a eficiência das infraestruturas hidráulicas, reduzir perdas e aumentar a reutilização da água;
- Instrumentos de política, incluindo regulação, monitorização, medidas de mercado, mobilização social, gestão da terra e recuperação de custos;
- Programas para mitigar os efeitos de cheias e secas;
- Envolvimento de todas as partes interessadas;
- Parcerias público-privadas;
- Melhoria contínua da gestão da água.

Essa visão foi reforçada na União Europeia, no ano 2000, com a publicação da DQA, um documento normativo que visa ser o principal instrumento de promoção de medidas articuladas em cada bacia hidrográfica, com vista a garantir uma gestão sustentável dos recursos hídricos. Correia (2003) e

Hipólito & Vaz (2011) consideram que a integração é um conceito-chave subjacente à DQA, devendo para tal, considerar-se diversas dimensões de integração (Figura 1):

- Integração de todos os recursos hídricos considerados conjuntamente à escala da bacia hidrográfica (águas superficiais, águas subterrâneas, zonas húmidas, recursos hídricos costeiros);
- Integração dos objetivos nas variadas vertentes, nomeadamente, ambientais, económicos e sociais;
- Integração das diversas utilizações e funções da água;
- Integração dos diferentes conhecimentos multidisciplinares (hidrologia; hidráulica; ecologia; química; economia, direito, sociologia, ...);
- Integração da legislação da água num quadro comum e a diferentes níveis: regional, nacional ou internacional;
- Integração de diversos e diferentes níveis de decisão;
- Integração da gestão da água numa abordagem holística e além-fronteiras.

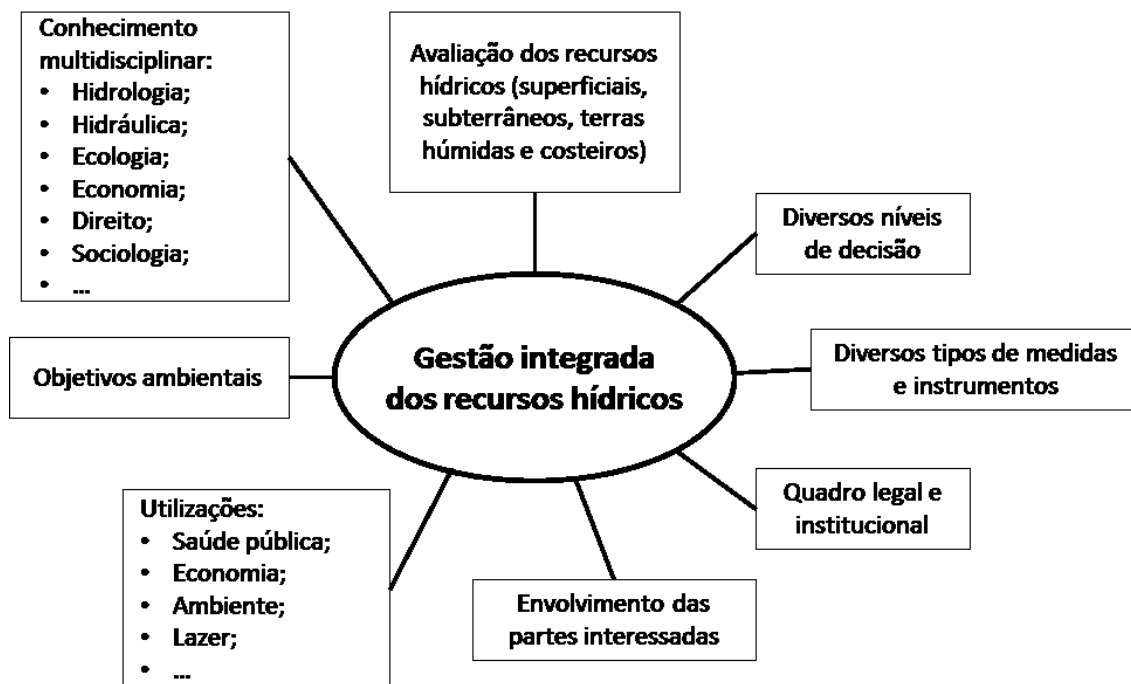


Figura 1 – As diversas dimensões da gestão integrada dos recursos hídricos (adaptado de Hipólito & Vaz, 2011)

2.2.2. Recursos hídricos superficiais

Os recursos hídricos superficiais correspondem a águas de superfície interiores, como por exemplo um lago, uma albufeira, um rio ou ribeira. Procurando enquadrar as principais bases teóricas necessárias a uma melhor compreensão desta temática, foi realizado no âmbito deste trabalho um levantamento e caracterização dos principais problemas e impactos nos sistemas fluviais, rios e

ribeiras, tendo em vista as novas abordagens e objetivos a cumprir ao nível da gestão dos recursos hídricos.

Segundo UN (2006) um rio pode ser considerado uma fonte de água potável, alimento, irrigação, energia hidroelétrica e comércio. Todavia, os cursos de água estão muito longe de desempenharem as suas funções de uma forma ótima (Teiga, 2011; ONU, 2012). Na realidade, atualmente, os cursos de água apresentam uma vasta lista de problemas que, no geral, decorrem das múltiplas funções que desempenham ao longo da sua bacia hidrográfica. Os problemas mais frequentes e com consequências diretas e mais nefastas ao nível da preservação dos ecossistemas ribeirinhos são (INAG, 2001; Cortes, 2004; Teiga, 2011; EPA, 2016): as descargas de águas residuais domésticas e/ou industriais; a poluição proveniente da agricultura (fertilizantes, pesticidas), a deposição de resíduos e entulhos, a crescente pressão antrópica com construções em leito de cheia e impermeabilização da bacia hidrográfica, as erosões nas margens, a destruição da galeria ripícola, a artificialização de troços fluviais e por último a falta de informação e envolvimento das partes interessadas.

Esses problemas, e as correspondentes pressões e impactos que colocam em causa a sustentabilidade dos sistemas fluviais podem ser agrupadas e sintetizadas em três vertentes: ambiental, social e económica (Figura 2). A pressão corresponde às atividades humanas que determinam a alteração de ecossistemas fluviais. O impacto é o resultado da pressão sobre o curso de água (INAG, 2001; Teiga, 2011, Hipólito & Vaz, 2011).



Figura 2 – Problemas e as correspondentes pressões e impactos ambientais, sociais e económicos recorrentes nos recursos hídricos de superfície (adaptado de Teiga, 2011)

Os sistemas fluviais formam unidades indissociáveis e interdependentes com as respetivas bacias hidrográficas, apresentando uma importância estratégica, tanto para a biodiversidade do planeta como para a sociedade. Para uma gestão adequada dos recursos hídricos superficiais é necessário um conhecimento profundo do funcionamento, bem como dos fatores que influem na integridade dos sistemas fluviais.

A Figura 3 representa os cinco grupos de fatores ambientais que determinam a integridade do sistema fluvial, de acordo com Karr & Chu (2000): i) os fatores associados às características do canal de escoamento; ii) as fontes de energia que interferem no sistema a partir de montante, da bacia hidrográfica; iii) a qualidade e características geoquímicas da água; iv) o regime de caudais, líquido e sólido, que ocorrem em cada local do curso de água; e, v) as interações bióticas tais como predação, competição ou efeitos patogénicos.

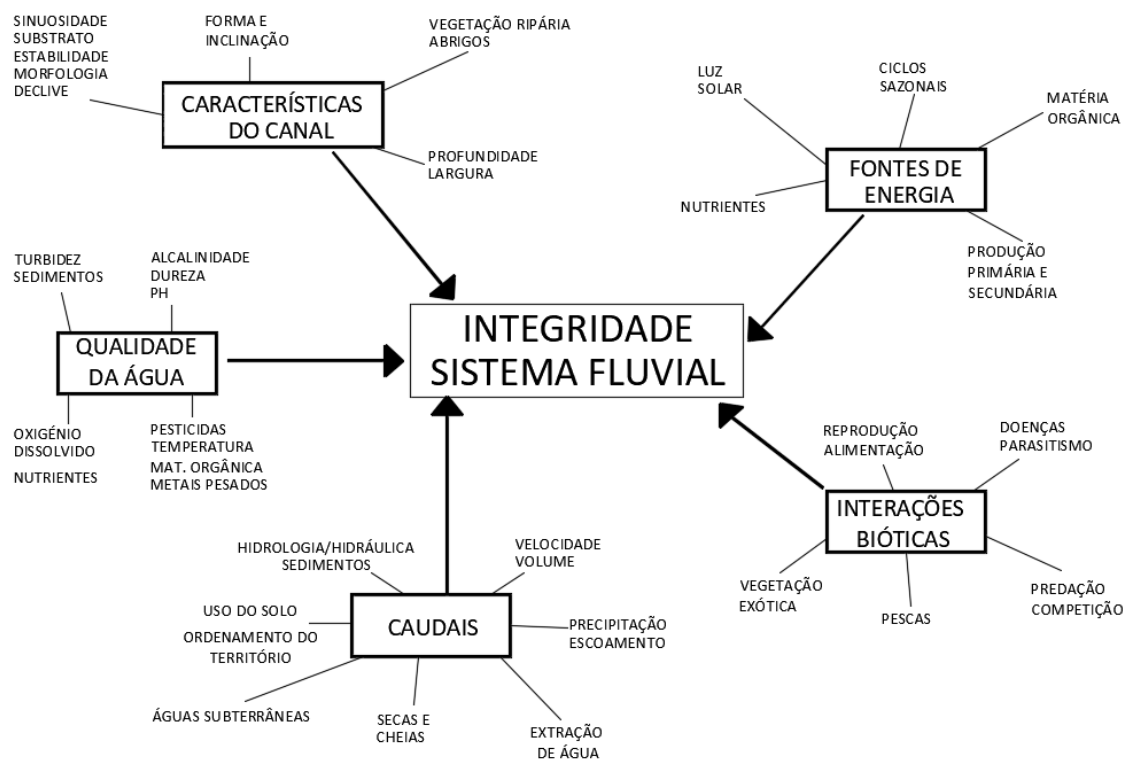


Figura 3 – Fatores que influem na integridade dos sistemas fluviais (adaptado de Karr & Chu, 2000)

Estes grupos de fatores não são estanques, formam uma teia multivariada de influências. A maior parte destes fatores podem ser naturais ou ter origem em atividades humanas (Karr & Chu, 2000).

De acordo com o objeto do presente trabalho, evidencia-se o problema da erosão das margens de um rio ou ribeira como um dos principais problemas a ter em conta na gestão dos sistemas fluviais (Rinaldi & Darby, 2008; Teiga, 2011; Hipólito & Vaz, 2011). A alteração das condições hidrogeomorfológicas de uma bacia hidrográfica, especificamente, a ocupação do solo, o regime de escoamento e a carga de sedimentos, tem como consequência um desequilíbrio na dinâmica fluvial.

Esse desequilíbrio pode ser observado na erosão de margens de rios, com perdas económicas, ambientais e sociais.

A reabilitação e estabilização de margens assumem uma diversidade e um carácter de tal modo rico que, a sua gestão no quadro mais global da gestão do território e dos recursos hídricos, constitui uma prioridade básica no quadro de uma política de uso sustentável do território (COM, 2006, Fernandes & Cruz, 2011).

A incorporação desta temática surge como um processo que pode contribuir para a melhoria integrada dos recursos hídricos nas suas múltiplas funções, em particular, a necessidade de cumprir os Art.º 1º e 4º da Diretiva Quadro da Água (DQA, 2000/60/CE), que estipulam os “Objetivos” e os “Objetivos Ambientais” a atingir com intervenções de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas, respetivamente.

2.3. Morfologia e Dinâmica Fluvial

A morfologia e dinâmica fluvial referem-se ao estudo das formas que os rios podem tomar e à sua relação com os processos fluviais de erosão e sedimentação, onde intervêm como elemento ativo, os caudais circulantes e como elemento passivo, os sedimentos provenientes da bacia hidrográfica.

Segundo Tánago & Jalón (1998), os fatores que determinam a morfologia e dinâmica de um sistema fluvial, ao nível da bacia hidrográfica são: as condições do clima (precipitação e temperatura) e as características geológicas (topografia e litologia), que assentam numa determinada vegetação e usos do solo, e que determinam o comportamento hidrológico de cada bacia hidrográfica, como se apresenta na Figura 4.

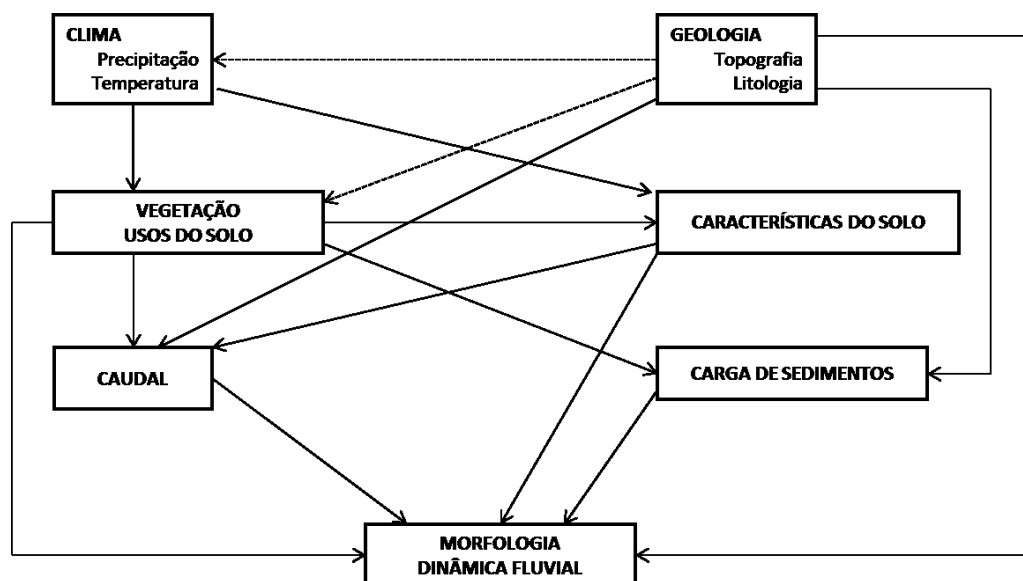


Figura 4 – Fatores que determinam a morfologia e dinâmica de um sistema fluvial, ao nível de uma bacia hidrográfica (adaptado de Tánago & Jalón, 1998)

De acordo com o referido nos subcapítulos anteriores (2.1 e 2.2) e, tomando como ponto de partida os sistemas fluviais, procurar-se-á, enquadrar as principais bases teóricas necessárias a uma melhor compreensão desta temática, onde serão apresentados, de forma mais aprofundada, os princípios básicos da morfologia e dinâmica fluvial. Em seguida, serão devidamente explorados os principais processos fluviais referentes à dinâmica fluvial.

2.3.1. Conceitos e definições de base

2.3.1.1. PERFIL LONGITUDINAL, TIPOS DE TRAÇADO E SECÇÃO TRANSVERSAL

A morfologia fluvial está diretamente ligada ao estudo das formas que os cursos de água naturais apresentam e à sua interação entre o escoamento e os materiais transportados. Assim, são originados diferentes padrões de cursos de água e planícies de inundação e uma grande variedade morfológica e geomorfológica. Na análise da morfologia de um rio, devem-se considerar três perspectivas: i) vista em corte (perfil longitudinal); ii) vista em planta (tipos de traçado); e, iii) secção transversal do curso de água.

O perfil longitudinal de um rio esquematiza o desenvolvimento cotado do curso de água ao longo do seu percurso. Em geral, os perfis longitudinais dos rios apresentam uma forma côncava, com a pendente a diminuir das zonas altas, de maior erosão, para as zonas baixas, de maior sedimentação (Figura 5).

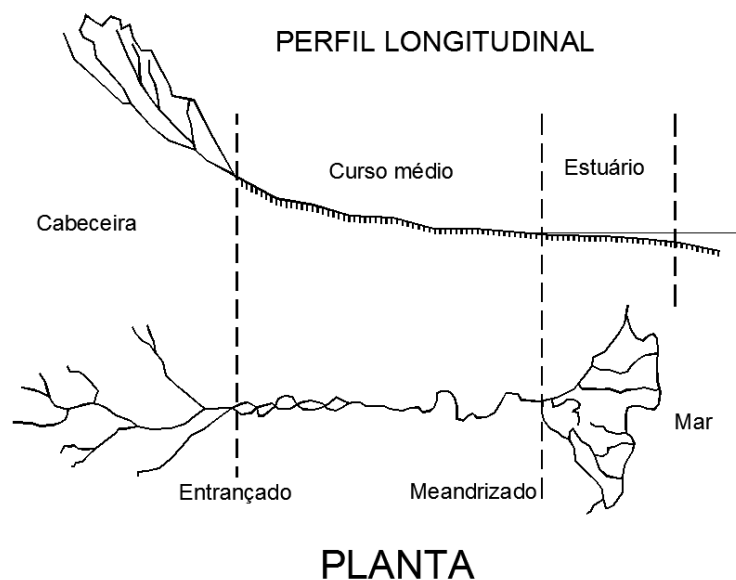


Figura 5 – Vista em Planta e em Perfil Longitudinal de um curso de água (Adaptado de Maia, 2011)

A vista em planta, ou seja, o traçado de um rio refere-se ao tipo de trajetória que desenvolve em planta e que facilmente pode ser observado, através de uma fotografia aérea. A diferente sinuosidade, estimada pela relação entre o comprimento do rio e o comprimento do vale onde o rio está inserido permite diferenciar três tipos de traçado, comumente definidos como:

- Traçado reto: é caracterizado por coeficientes de sinuosidade inferiores a 1.5, pelo que se tratam de troços praticamente retos. Estes tipos de troços são praticamente inexistentes em meio natural porque são bastante instáveis, podendo observar-se ocasionalmente em rios de pequena dimensão e baixo caudal.
- Traçado meandrizado: corresponde a rios/troços com coeficientes de sinuosidade superior a 1.5, contudo, em resultado de uma pendente reduzida. Estes troços desenvolvem-se devido ao aumento da magnitude do curso de água sujeito a pendentes suaves, por forma a dissipar a energia do escoamento.
- Traçado entrançado: é característico dos tramos com maior pendente e com uma elevada carga sólida, sendo descrito como correspondente a cursos de água largos e pouco profundos, com a formação de ilhas intercaladas, unindo-se e separando-se, como tranças.

No entanto, o ecossistema fluvial não pode ser avaliado de uma forma holística, pois este varia em três zonas diferentes, desde a nascente até à foz, sendo habitual definirem-se: zona de cabeceira (alto), zona intermédia (médio) e zona estuarina (baixo), respetivamente.

Aliada a esta diferenciação de formas do ecossistema fluvial é possível efetuar uma relação de causa/efeito estabelecendo uma correspondência em que a cada forma está associado normalmente, um tipo de traçado (sinuosidade), um regime de escoamento, uma dada carga de transporte sólido, agentes de erosão, velocidades e tensões tangenciais de arrastamento (Figura 6).

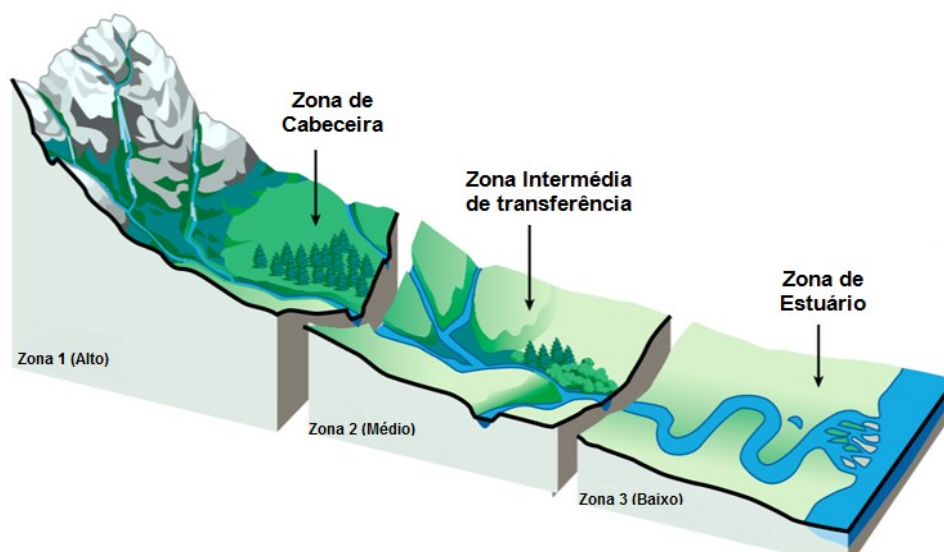


Figura 6 - Desenvolvimento de um curso de água (adaptado de FISRWG, 1998)

A sinuosidade está diretamente relacionada com o ajustamento do canal à inclinação do leito ao longo do tempo para dissipar a energia e transportar os caudais: líquido e sólido (Magalhães, 2010). De uma maneira geral, à medida que a inclinação e o tamanho das partículas transportadas pelo rio diminuem, a sinuosidade aumenta. Notar que as considerações apresentadas têm por base o caso de, cursos de água com leitos aluvionares.

Pela análise da Figura 6, a zona de cabeceira (zona 1 – alto) é caracterizada pelas elevadas pendentes (troço de montanha), onde se originam grandes arrastamentos de material sólido, apresentando frequentemente um traçado entrançado. O material que predomina nesta zona é o calhau rolado de grandes dimensões, uma vez que os sedimentos de menores dimensões são arrastados pelo escoamento até este ter uma velocidade suficientemente baixa, acabando por depositar.

Quanto à zona intermédia de transferência (zona 2 – médio), define-se como uma zona de transição da região de montanha para uma região de pendente mais baixa. É facilmente detetável, pois o seu perfil longitudinal vai-se alterando de um traçado entrançado para um traçado meandrizado, à medida que a pendente vai diminuindo.

A zona designada como estuário (zona 3 – baixo), ou seja, a parte final de um rio, longa e ampla com grandes deposições de material sólido, onde se faz sentir a ação das marés.

A secção transversal de um curso de água define-se pelas relações entre diferentes variáveis: caudal, largura e profundidade do canal, velocidade de escoamento, tensões de arrastamento, carga de sedimentos, etc. Tal corresponde a poder possuir, para além do leito menor e do leito maior (leito de cheias), uma bancada adicional que pode ou não ter sido provocada por erosão contínua do escoamento (Figura 7).

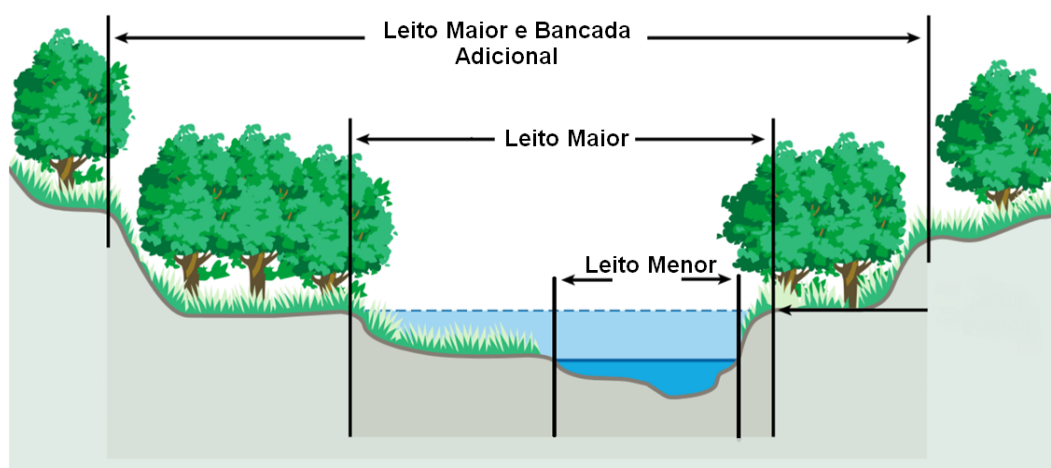


Figura 7 - Planícies de inundação (adaptado de FISRWG, 1998)

Uma característica importante dos sistemas fluviais é a sua capacidade de autorregulação, adaptando-se aos diferentes tipos de pressão por forma a manter o estado de equilíbrio e estabilidade (Oliveira, 2006). Deste modo, neste tipo de sistemas o estado de equilíbrio dinâmico acontece quando num canal natural sujeito às ações do escoamento, erosão e/ou deposição generalizada, os efeitos se anulam ao fim de um ciclo ou mais ciclos anuais, mantendo-se em média, a mesma forma e traçado do rio (Maia, 2011).

2.3.1.2. ANÁLISE DE ESCOAMENTOS EM SUPERFÍCIE LIVRE

Os sistemas fluviais estão sujeitos a instabilidades associadas à modificação contínua das suas características físicas, e em particular da sua geometria, em consequência da ação do escoamento (Cardoso, 1998).

Uma linha de água capta a energia potencial em resultado das precipitações que caem na bacia hidrográfica e transforma esse potencial em energia cinética que se traduz na velocidade do escoamento. Quanto maior for a velocidade do escoamento, maior será o transporte sólido ao longo do seu traçado, nas suas três formas, arrastamento, suspensão e saltação até terminar o seu ciclo quando desagua no oceano (Lemos, 2008). Trata-se, pois de um ciclo sempre renovado e em constante modificação resultante das forças de pressão e de arrastamento exercidas no fundo do canal. A natureza do transporte sólido está dependente da profundidade, da velocidade do escoamento, das propriedades do fluido e do material constituinte do canal fluvial (Cardoso, 1998; Lemos, 2008).

Desta forma, torna-se importante uma análise ao escoamento e uma avaliação dos principais fatores físicos inerentes aos diferentes tipos de escoamentos passíveis de ocorrer num canal, resumidos na Figura 8.

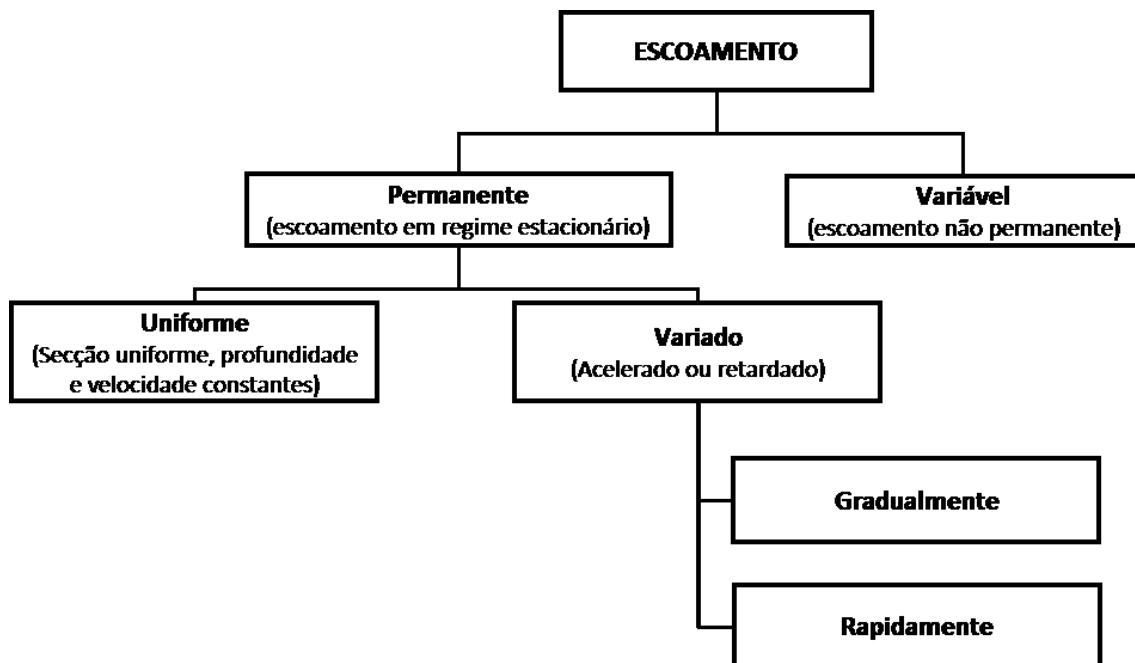


Figura 8 - Esquema resumo do tipo de escoamentos em superfície livre

Os escoamentos são permanentes, de um modo geral, quando qualquer variável com referência a uma secção transversal do escoamento não varia com tempo; caso contrário, os escoamentos dizem-se variáveis.

Dentro dos escoamentos permanentes, estes podem ser considerados escoamentos uniformes se as variáveis (altura, caudal e velocidade média) se mantêm constantes ao longo do percurso; caso contrário diz-se variado. Os escoamentos variados podem ser subdivididos em gradualmente variados e rapidamente variados em função da curvatura das linhas de corrente (Cardoso, 1998).

Os escoamentos podem ainda ser classificados como laminares ou turbulentos e lentos ou rápidos. No estudo dos escoamentos em canais é necessário considerar dois parâmetros fundamentais para a sua definição, designadamente, número de Reynolds (Re) e o número de Froude (Fr).

O número de Reynolds expressa a razão entre as forças de inércia e as forças da viscosidade (por unidade de volume, numa dada secção do escoamento e num dado instante). Por definição, escoamentos caracterizados por trajetórias bem definidas, correspondem a valores pequenos de Re ($Re < 500$); por sua vez, para valores superiores de Re ($Re > 500$), as trajetórias caracterizam-se por serem aleatórias, não organizadas, em que cada partícula tem um valor da velocidade variável em qualquer ponto e em qualquer direção.

A classificação dos escoamentos como lentos ou rápidos em canais é obtida através do número de Froude (Fr), o qual expressa a razão entre as forças de inércia e as forças da gravidade (por unidade de volume, numa dada secção do escoamento e num dado instante). Ora assim, temos (Cardoso, 1998):

- **Para valores de $Fr = 1$** o escoamento é considerado crítico, isto é, encontra-se na fase de transição de lento para rápido;
- **Para valores de $Fr < 1$** o escoamento é considerado lento, isto é o escoamento é controlado por jusante, sendo este o que ocorre na generalidade dos troços fluviais;
- **Para valores de $Fr > 1$** o escoamento é considerado rápido, isto é o escoamento é controlado por montante. Normalmente, este tipo de regime ocorre em rios de montanha ou em zonas singulares, como descarregadores ou quedas bruscas.

Os escoamentos laminares ocorrem para velocidades e alturas do escoamento pouco suscetíveis de se verificarem na prática em sistemas fluviais naturais. Por isso, no âmbito do presente estudo, a distribuição de tensões tangenciais e a distribuição de velocidades na secção transversal será analisada somente para escoamentos turbulentos.

2.3.1.3. DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES TANGENCIAIS

O valor da tensão tangencial (τ) na direção do escoamento, a uma dada profundidade pode obter-se por consideração do equilíbrio das forças que atuam nessa direção (Figura 9). A tensão crítica de arrastamento τ_c corresponde à tensão tangencial quando as forças geradas pela corrente (FC) atingem o limiar com as forças que se opõem ao movimento (R).

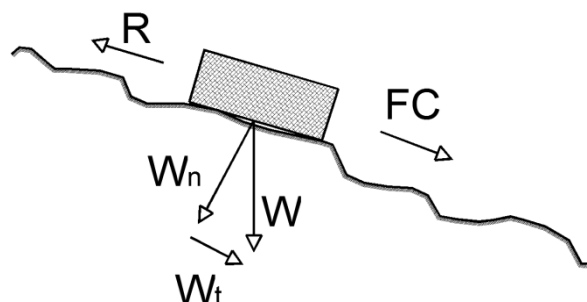


Figura 9 - Esquema de forças atuantes numa partícula, sendo: R – forças de atrito que impõem uma resistência ao deslocamento; FC – força erosiva da corrente; W – Peso próprio que pode ser dividido em duas componentes, uma normal (W_n) e outra tangencial (W_t), (adaptado de Cortes, 2004)

Em escoamentos uniformes e bidimensionais, a tensão tangencial aumenta linearmente com a distância à superfície livre do escoamento, sendo nula à superfície e máxima junto ao fundo, frequentemente designada por tensão de arrastamento (τ_0), (eq. 1):

$$\tau_0 = \gamma R J \quad (1)$$

Em que:

γ é o peso volúmico da água expresso em N/m^3 ;

R é o raio hidráulico, em m;

J é a inclinação da superfície livre da água, em m/m.

Considerando um escoamento turbulento em superfície livre, a tensão tangencial, (τ), na mesma secção constante pode, no geral, ser considerada como variando linearmente entre o valor zero (na superfície livre) e τ_0 no fundo. Resulta da soma de duas componentes, nomeadamente, a tensão tangencial devida à viscosidade dinâmica (τ_i), e a tensão tangencial aparente, devida às flutuações turbulentas da velocidade (τ_t) (Figura 10), Cardoso (1998).

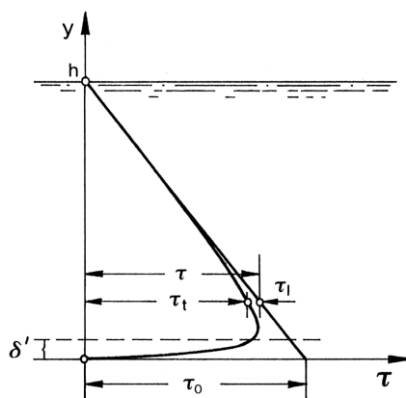


Figura 10 - Variação da tensão tangencial com a profundidade (adaptado de Cardoso, 1998)

De acordo com o esquema da figura anterior, as distribuições de (τ_i) e (τ_t) possuem as seguintes características:

- Para valores de y (distância ao fundo) superiores à espessura da subcamada viscosa (δ'), a tensão tangencial total (τ) é praticamente igual à tensão tangencial de origem turbulenta, (τ_t), sendo desprezável a componente (τ_i). A espessura da camada limite (δ') também pela influência e inter-relação desta é, assim, relevante com a rugosidade do leito (k).
- Para valores de y (distância ao fundo) inferiores a (δ') a tensão tangencial total (τ) é praticamente igual a (τ_i), sendo desprezável (τ_t), isto é, pode-se admitir que a tensão tangencial é constante e igual à tensão de arrastamento (τ_0).

Como é natural as forças de arrastamento propiciam os fenómenos erosivos e estão dependentes das características hidráulicas. A compreensão deste parâmetro é fundamental, já que da sua estimativa dependem muitos dos cálculos tendentes a conhecer a estabilidade do curso de água e a definir as características dos materiais usados para garantir tal.

A tensão crítica de arrastamento (τ_c) é entendida como a tensão mínima que provoca o início do movimento das partículas de solo.

2.3.1.4. DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES NA SECÇÃO TRANSVERSAL

Segundo Graf & Altinakar (1998) e Massa (2011), num curso de água natural, o perfil vertical de velocidades médias numa secção transversal apresenta uma forma logarítmica. Neste perfil característico é possível identificar duas regiões com características distintas. A região interior ou de parede ($z'/h \leq 0,2$) e a região exterior ($0,2 < z'/h < 1$), sendo h a altura de água, em m e z' a altura medida a partir do fundo, em m; (Figura 11).

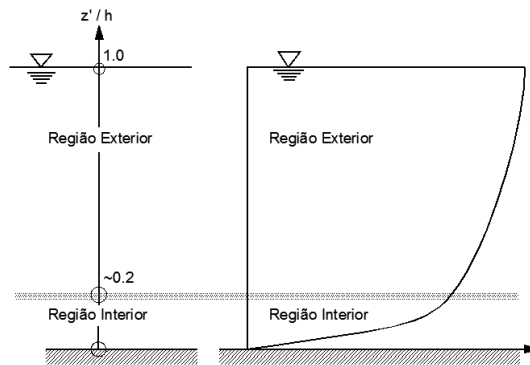


Figura 11 - Perfil transversal esquemático de velocidades num canal de escoamento em superfície livre
(Adaptado de Yen, 2002)

Por sua vez, a região interior subdivide-se em três sub-regiões: i) subcamada viscosa; ii) subcamada de transição; iii) subcamada turbulenta.

Sendo a espessura da subcamada viscosa, (δ'), dada por:

$$\delta' = \frac{11.6\nu}{u^*} \quad (2)$$

Em que a velocidade de atrito (u^*) junto ao fundo se designa por:

$$u^* = \sqrt{\tau_0/\rho} \quad (3)$$

Com τ_0 a tensão de arrastamento (N/m^2) e ρ a massa volúmica da água (1000 kg/m^3).

Para obter a distribuição logarítmica da velocidade $u(z')$, devem-se distinguir duas regiões características, nomeadamente a exterior e a interior. Na região exterior, apenas se faz sentir, de forma indireta a influência da tensão de arrastamento (τ_0), uma vez que a componente devida à viscosidade dinâmica é desprezável.

Na região interior está definida a lei logarítmica da parede, cuja lei geral (superfícies lisa e rugosa) é (eq. 4):

$$\frac{u}{u^*} = \frac{1}{K} \ln(z) + B \quad (4)$$

Em que:

u é a velocidade medida pontualmente, em m/s;

u^* é a velocidade de atrito;

K constante de *Van Karman* que para regimes turbulentos toma o valor de 0.4;

$z = z'/k_s$ (fronteiras rugosas) ou $z = z'/u$ (fronteiras lisas);

z' é a altura medida a partir do fundo, em m;

k_s é a rugosidade uniforme do fundo, em mm;

ν é a viscosidade cinemática da água, em m^2/s ;

B é uma constante aditiva variável, em função do tipo de fronteira (lisa ou rugosa).

As expressões específicas da distribuição de velocidades para regime turbulento com superfícies lisa e rugosa, respetivamente, apresentadas no Quadro 1, correspondem à: utilizada para determinação da velocidade pontual num determinado ponto da secção transversal (coluna esquerda); e à determinação da velocidade média na secção transversal analisada (coluna direita), Graf & Altinakar, (1998).

Quadro 1 – Expressões da distribuição de velocidades: Regime turbulento com superfície lisa e rugosa (Graf & Altinakar, 1998)

Distribuição de Velocidades (Graf & Altinakar, 1998)	
Região Interior ($z'/h \leq 0,2$)	
Regime turbulento, Superfície Lisa	
Velocidade pontual	Velocidade média
$\frac{u(z')}{u^*} = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{z' u^*}{\nu} \right) + B_s$	$\frac{U}{u^*} = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{R h u^*}{\nu} \right) + B_s$
$B_s = 5 (\pm 25\%)$	$B_s = 3.5$
Regime turbulento, Superfície Rugosa	
Velocidade pontual	Velocidade média
$\frac{u(z')}{u^*} = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{z'}{k_s} \right) + B_r$	$\frac{U}{u^*} = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{R h}{k_s} \right) + B_r$
$B_r = 8.5 (\pm 15\%)$	$B_r = 6.25$

Dados:

$u(z')$ é a velocidade medida à altura de z' a partir do fundo em m/s;

u^* é a velocidade de atrito (m/s);

K constante de *Van Karman* que para regimes turbulentos toma o valor de 0.4;

Distribuição de Velocidades (Graf & Altinakar, 1998)

Região Interior ($z'/h \leq 0,2$)

z' é a altura medida a partir do fundo, em m;

ν é a viscosidade cinemática da água, em m²/s;

k_s é a rugosidade uniforme do fundo, em mm;

R_h é o raio hidráulico, em m;

$R_h = A_m/P_m$, sendo A_m a área molhada da secção, em m²; e, P_m o perímetro molhado da secção, em m;

B_s ou B_r é uma constante aditiva, respetivamente, para superfície lisa ou rugosa.

*Continuação

Estas expressões apesar de serem válidas apenas na região interior ($z'/h \leq 0,2$) têm apresentado bons resultados quando utilizadas/aplicadas para toda a altura de escoamento, h (Graf & Altinakar, 1998; Magalhães, 2010).

Devido às forças de atrito presentes num curso de água a velocidade da corrente diminui à medida que nos aproximamos do leito e das margens, pelo que a distribuição das velocidades numa secção transversal não é, certamente, uniforme (Lencastre & Franco, 2010).

A distribuição longitudinal das velocidades do escoamento depende de vários fatores já mencionados, nomeadamente, o regime de caudais, a inclinação do perfil longitudinal, a rugosidade das margens e do leito, bem como da sinuosidade do perfil longitudinal do curso de água. Outra característica importante é o posicionamento da linha de talvegue, isto é, a linha constituída pelos pontos que, em cada uma das sucessivas secções transversais do curso de água, se situam à cota mais baixa. Assim: para troços retilíneos, as velocidades maiores ocorrem a meio da largura do curso natural de água; no caso de secções em curva, a velocidade tende a aumentar para o lado exterior (zona de desgaste), devido ao efeito da força centrífuga na corrente do escoamento e à maior profundidade, e a ser mínima na parte interna da curva (zona de deposição).

As Figuras 12 e 13 ilustram a variação longitudinal da distribuição de velocidades, num troço de rio, com indicação potencial da linha de talvegue.

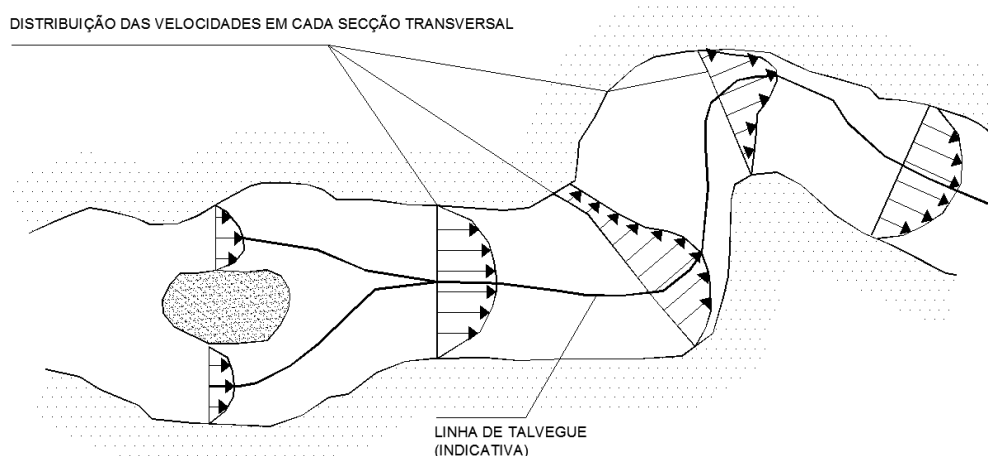


Figura 12 - Variação longitudinal da velocidade do escoamento num troço de rio (adaptado de Oliveira, 2006)

Essa diferença acentuada das velocidades nas curvaturas de um rio, leva a que ocorram fenómenos de erosão do lado côncavo e de deposição do lado convexo.

O conhecimento da suscetibilidade do poder erosivo em termos longitudinais e transversais é essencial para prever as consequências diretas da intervenção física no canal fluvial, sendo igualmente útil, nomeadamente em situação de projeto, para intervenções de estabilização de margens, no sentido de definir uma adequada proposta, tendo em conta as forças de desgaste em presença.

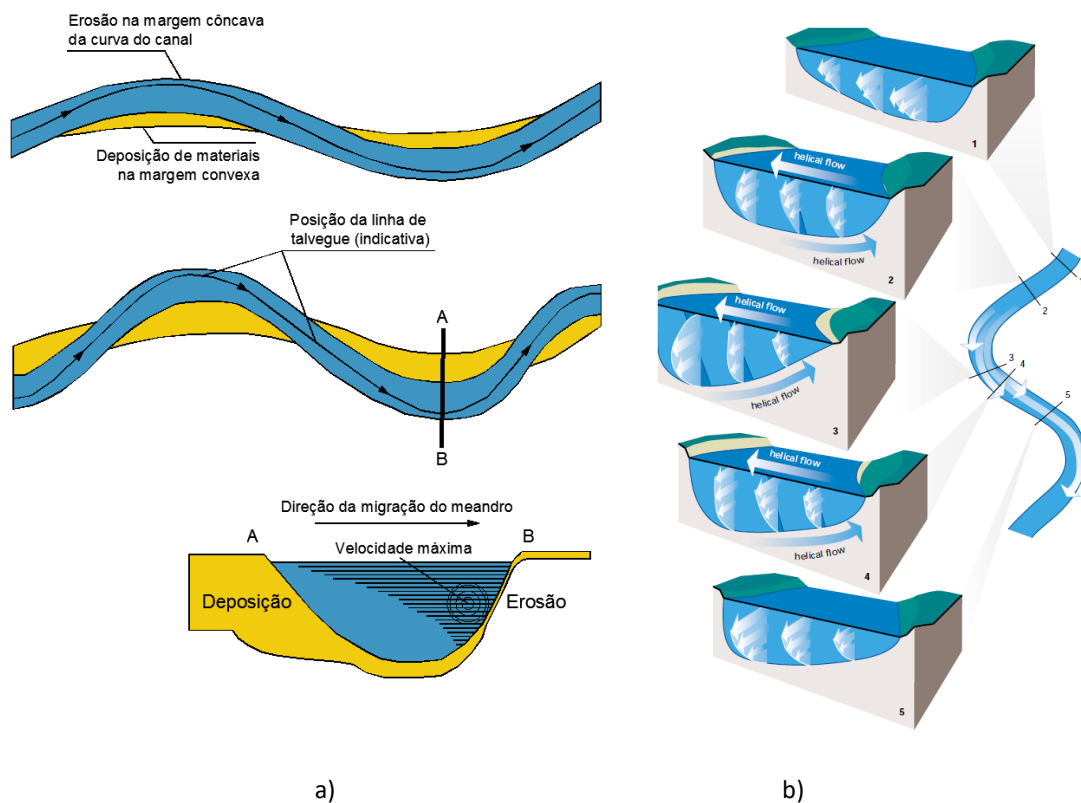


Figura 13 - a) Processos de erosão e deposição num curso de água natural (adaptado de FISRWG, 1998 in Oliveira, 2006); b) Distribuição das velocidades da corrente para diversos segmentos de um troço do rio (adaptado de FISRWG, 1998)

2.4. Erosão

Tal como referido anteriormente, o controlo de erosão das margens fluviais insere-se num âmbito mais vasto da gestão dos sistemas fluviais. Nesse sentido, descrevem-se em seguida, os principais tipos de erosão e, conseqüentemente, a ligação entre esses e os respetivos impactos nos ecossistemas fluviais. Serão também apresentadas as definições gerais de erosão e erosão hídrica, de modo a enquadrar a erosão fluvial, objeto deste trabalho, numa visão ampla da problemática das erosões.

Em seguida são devidamente explorados os fatores que mais contribuem para a estabilidade de uma margem e analisados os principais mecanismos causadores de instabilidade e rotura associados.

2.4.1. Definição e impactos da erosão

2.4.1.1. EROSÃO: CONCEITO GERAL

A erosão é um processo natural de desagregação, decomposição, transporte e deposição de materiais de rochas e solos que vem agindo sobre a superfície terrestre, desde os seus princípios. Representa, um dos principais agentes naturais de transformação fisiográfica, governada por agentes, tais como: o clima, ação das águas e vento, características do relevo, atividade biológica nos solos e por último, não menos importante, pela ação antrópica. Segundo a Associação Internacional de Controlo de Erosão (IECA, 2015) estima-se que a cada ano, entre 30 – 80 biliões de toneladas de solo são erodidos a partir das massas de terra do mundo.

Para que o processo erosivo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rocha ocorra, é necessária a ação combinada da gravidade com a ação da água, temperatura, vento, gelo, químicos ou de organismos. Entretanto, a ação humana sobre o meio ambiente contribui fortemente para a aceleração desse processo, trazendo como consequências, a perda de solos férteis, o assoreamento dos cursos de água, a poluição da água e a degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Diversos processos erosivos são condicionados, basicamente, por alterações do meio ambiente, provocadas pelo uso do solo nas suas variadas formas, desde a desflorestação e a agricultura, até obras urbanas e viárias que, de alguma forma, propiciam a concentração das águas escoadas superficialmente.

A quebra do equilíbrio natural entre o solo e o ambiente (p.ex: por remoção da vegetação), frequentemente promovida e acelerada pelo homem, conforme já referido, expõe o solo a formas mais suscetíveis à erosão, que promovem a remoção da camada superficial, deixando as zonas mais profundas do solo e subsolo (geralmente de menor resistência), sujeitos a intensa remoção de partículas, o que culmina com o surgimento de sulcos.

Torna-se, portanto, importante, o estudo dos fatores e processos que possam agravar o fenómeno erosivo, visando a obtenção de uma metodologia de controlo e proteção do mesmo.

2.4.1.2. EROSÃO HÍDRICA AO NÍVEL DA BACIA HIDROGRÁFICA

A erosão ao nível da bacia hidrográfica, comumente designada como erosão hídrica, é um processo que ocorre, em maior ou menor extensão, em todo o planeta (Cardoso, 1998). Os diferentes agentes erosivos (precipitação, escoamento superficial, o gelo, o vento, etc.) atuam na estrutura do solo, desagregando, destacando e removendo as suas partículas. A quantidade de sedimentos, assim produzida pode ser arrastada para as linhas de água, onde se escoam para jusante.

A erosão hídrica divide-se em três grandes e distintos tipos, consoante a sua origem:

1. Erosão Superficial

Consiste numa remoção razoavelmente uniforme de partículas em toda a superfície do solo. Podem associar-se dois processos:

- **Erosão de *Splash*** é o destacamento de pequenas partículas de solo, que são transportadas pelo ar, causado pelo impacto das gotas de chuva nos solos;
- **Erosão laminar** é a remoção de uma fina camada de solo, relativamente uniforme, pela chuva e escorrência superficial generalizada e não canalizada;

2. Erosão concentrada ou ravinosa

Ocorre quando o escoamento que se forma numa dada área, a abandona através de um canal, geralmente bastante inclinado, formado no terreno. Podem associar-se dois processos:

- **Erosão em sulcos** é um processo de erosão em terrenos inclinados, onde se formam aleatoriamente numerosos canais com apenas alguns centímetros de profundidade; ocorre sobretudo em solos recentemente cultivados;
- **Erosão de barrancos** é o processo de erosão pelo qual a água se acumula e origina por entalhe no terreno, canais estreitos, por curtos períodos de tempo, que removem o solo desta área até profundidades consideráveis. Um barranco tem tipicamente uma profundidade de 0.5m a 30m e ocorre em situações e tipos de rochas específicos. Podem formar-se rapidamente pelo recuo de encostas. Os barrancos recolhem frequentemente a água de drenagem do solo envolvente, o que os torna instáveis.

3. Movimentos de massa

Consistem em escorregamentos de encostas em que volumes apreciáveis do solo podem deslocar-se muito rapidamente no sentido das menores cotas. Podem associar-se dois processos:

- **Erosão em túnel** ocorre em solos que são propensos a *piping* (estruturas subterrâneas com uma rede de túneis, como tubos). Frequentemente, estes solos contêm camadas ricas em argila, que expande e contrai quando humedecida, ou camadas com materiais que se dispersam espontaneamente na água durante as chuvas;
- **Erosão em movimentos de massa** traduzidos por grandes parcelas de terreno que escorregam pelas encostas, sendo transportadas quase instantaneamente para jusante.

A erosão hídrica é um fenómeno de superfície e, portanto, as condições físicas da superfície do solo desempenham um papel primordial na mesma, dificultando-a ou facilitando-a, dependendo da sua erodibilidade, da sua orografia (declive e comprimento das encostas) e do uso do solo e cobertura vegetal, seja ela causada pela água da chuva ou pelas cheias associadas (Aksoy & Kavvas, 2005).

Afetando as funções básicas do solo nos ecossistemas e a sua produtividade enquanto suporte das atividades agrícolas e florestais, a erosão hídrica dos solos é reconhecida como um problema para o uso sustentável dos territórios (Aksoy & Kavvas, 2005).

Atualmente, a metodologia mais utilizada para prever e estimar a erosão hídrica superficial é a Equação Universal da Perda de Solo (E.U.P.S) de *Wischmeier* (Cardoso, 1998; Lencastre & Franco, 2010). A E.U.P.S agrupa as variáveis que influenciam a erosão em seis fatores genéricos, que se relacionam da seguinte forma (eq. 5):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (5)$$

em que:

A – Perda de solo média ou Erosão Específica;

R – Fator de erosividade da precipitação;

K – Fator de erodibilidade do solo;

LS – Fator fisiográfico que compreende o comprimento da encosta (L) e declive da encosta (S);

C – Fator relativo ao coberto vegetal;

P – Fator de prática agrícola ou de medidas de controlo da erosão;

Toda esta informação é sobreposta, obtendo-se uma carta de erosão específica distribuída espacialmente, e em termos médios para a bacia hidrográfica, funcionando como um instrumento essencial para a gestão territorial.

Como prevenção e controle de erosão hídrica, Cardoso (1998) e Aksoy & Kavvas (2005), apresentam, basicamente, duas formas: i) minimizar os efeitos do impacto das gotas de chuva na superfície do solo; e ii) minimizar os caudais e as velocidades do escoamento superficial na bacia hidrográfica.

Para tal, existem várias soluções técnicas que podem ser utilizadas, em função da zona da bacia hidrográfica a atuar, dependendo de aspetos como o declive, o tipo de solo ou o coberto vegetal. Essas soluções técnicas podem ser agrupadas em quatro categorias (Cardoso, 1998): físicas, vegetativas, de prática de conservação e de retenção de sedimentos.

As soluções técnicas físicas baseiam-se na remodelação do terreno, como forma de alterar as propriedades do escoamento superficial. Tendo, como principal objetivo diminuir o caudal e, desse modo, a quantidade de partículas sólidas arrastadas para jusante.

As soluções técnicas vegetativas envolvem dois tipos: a seleção e aplicação de plantas com maior potencial de absorção de energia cinética das gotas de chuva; e, a aplicação de mais que um tipo de plantas, de modo a garantir que nos períodos de chuvas, a cobertura do solo é máxima.

As práticas de conservação dizem respeito à forma como se controla a mobilidade dos sedimentos. É particularmente importante, a lavragem do terreno no sentido das linhas de nível, promovendo desta forma a redução da velocidade do escoamento superficial.

A retenção de sedimentos é uma prática utilizada em linhas de água. Consiste na interceção do escoamento nas linhas de água, por intermédio da construção de açudes que promovem a acumulação de sedimentos transportados ao longo da linha de água por arrastamento ou em suspensão. Os materiais depositados podem, então, ser retirados e devolvidos às encostas.

Em suma, poderá dizer-se que quanto maior for a erosão hídrica, maior poderá ser a erosão fluvial como resultado da adaptação às alterações hidrogeomorfológicas e ecológicas registadas ao nível da bacia hidrográfica, como se verá no subcapítulo seguinte (2.4.1.3).

2.4.1.3. EROSÃO FLUVIAL

A erosão fluvial consiste na remoção de partículas do leito e das margens por parte do escoamento, em resultado da interação do rio com os seus limites físicos. Tanto nos solos granulares como nos solos finos coesivos, a erosão diz respeito à rutura do equilíbrio entre as forças resistentes e as forças atuantes, podendo esse desequilíbrio ser consequência da alteração das condições hidrogeomorfológicas ao nível da bacia hidrográfica.

O conhecimento das condições críticas de início de transporte sólido ou condições de movimento incipiente correspondem ao momento em que se observa o movimento aleatório de partículas isoladas. As condições do escoamento são tais que as partículas são destacadas e arrastadas. Do ponto de vista teórico, as condições de movimento incipiente estão associadas ao equilíbrio das forças que atuam sobre as partículas. Assim, os critérios que retratam esse movimento podem ser: a velocidade média crítica e a tensão crítica de arrastamento.

Uma das hipóteses para a caracterização do movimento incipiente é através da obtenção da velocidade média crítica, considerada como a máxima velocidade média do escoamento que não provoca o arrastamento das partículas e consequente erosão das margens (Cardoso, 1998). No entanto, na maioria das situações não é possível determinar, com suficiente rigor, a velocidade crítica junto ao fundo (Lencastre & Franco, 2010).

A tensão de arrastamento (τ_0) representa a força por unidade de área que se exerce numa partícula submersa, atuando paralelamente ao sentido do movimento e forçando-a ao movimento. A tensão de arrastamento crítica (τ_c) é entendida como a tensão para a qual se inicia o movimento das partículas. A título indicativo, podem ser consultados os valores, tanto para velocidades críticas, como para tensões de arrastamento críticas para diferentes condições de escoamento fluvial, em Lencastre & Franco (2010).

Os escoamentos fluviais são caracterizados pela sua dupla função, isto é: o transporte líquido composto pela água que flui da nascente para a foz; e o transporte sólido composto pelos sedimentos provenientes das encostas em resultado da erosão hídrica e pelos sedimentos originados pela erosão/desagregação do material do leito e margens (Aleixo, 2006).

O transporte sólido é realizado, basicamente, por duas formas:

- **Arrastamento:** em que a velocidade média da partícula é muito inferior à velocidade média do escoamento; os sedimentos deslocam-se rolando ou escorregando sobre o fundo do leito;
- **Suspensão:** em que a velocidade média da partícula é da mesma ordem da grandeza da velocidade média do escoamento; os sedimentos movem-se no seio da água, sem contacto com o leito.

As proporções relativas de material transportado sob ambas as formas variam usualmente com a distância à nascente dos cursos de água: assim, nos troços iniciais, habitualmente em zonas de relevo mais acentuado, as partículas são de maiores dimensões, pelo que tem mais relevância o transporte por arrastamento. Nos troços finais, usualmente em zonas mais planas, predominam as partículas de menores dimensões, pelo que todo o transporte sedimentar é feito em suspensão.

Pode ainda ser considerada uma forma de transporte de características intermédias, o transporte por saltação. Neste tipo de transporte as partículas deslocam-se por saltos, alternando-se o transporte de arrastamento com as fases do transporte em suspensão.

A capacidade de transporte sólido é definida como a quantidade de sedimentos que o curso de água pode transportar. Se a capacidade de transporte for maior que a carga sólida, verificar-se-á a erosão do leito e/ou margens; em caso de igualdade entre a capacidade de transporte e a carga sólida, o leito dir-se-á em equilíbrio, significando isso que a quantidade de sedimentos retirada por erosão é compensada por uma similar quantidade de sedimentos depositados.

A capacidade de transporte de sedimentos varia ao longo do percurso do rio (Figura 14). A inclinação do fundo, e consequentemente, a velocidade média do escoamento vão-se reduzindo gradualmente para jusante, pelo que, as partículas mais grosseiras deixam de poder ser transportadas e depositam-se, formando deltas ou planícies aluvionares.

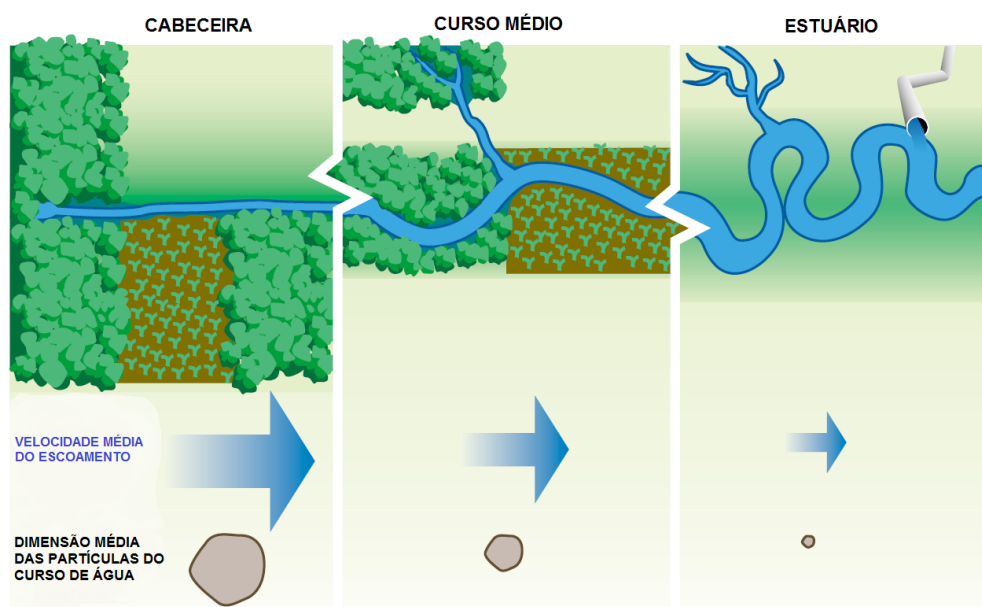


Figura 14 - Variação velocidade / dimensão média das partículas ao longo do curso de água (adaptado de FISRWG, 1998 in Lemos, 2008)

2.4.1.4. PROBLEMÁTICA ASSOCIADA À EROSÃO EM MARGENS FLUVIAIS

A erosão em margens de rios constitui um fenómeno natural que, sendo de evolução lenta, pode durar meses ou até anos, assumindo consequências devastadoras para a estabilidade do sistema fluvial.

A erosão em margens de rios pode assumir-se como uma problemática complexa e com impactos significativos, sendo muitas vezes responsável por outros problemas para além da instabilidade das margens (Pinto *et al.*, 2013a). A existência de problemas de erosão em margens pode agravar consideravelmente o estado ecológico do sistema fluvial, originando problemas que afetam: a qualidade da água; a ausência de corredor ribeirinho; a inexistência de base de suporte para o estabelecimento de vegetação; e, a perda de valorização estética e ecológica (Rinaldi & Darby, 2008; Teiga, 2011).

2.4.2. Processo erosivo da margem fluvial

2.4.2.1. INTRODUÇÃO: CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Um sistema fluvial é um mundo complexo e algo misterioso da hidráulica fluvial. As possibilidades de modificação de um sistema fluvial são ininterruptas devido à interação existente entre a água e os sedimentos, que fazem com que a sua geometria seja constantemente renovada (Cardoso, 1998). A erosão das margens é um processo chave na dinâmica fluvial, abrangendo uma grande variedade de problemas físicos, ecológicos e socioeconómicos no ambiente fluvial (Rinaldi & Darby, 2008).

Atualmente, os estudos desenvolvidos no âmbito da caracterização do processo erosivo das margens focam-se, essencialmente na modelação dos três principais processos de erosão: o desgaste/enfraquecimento do solo, a erosão fluvial e a insuficiente conexão entre as partículas de solo que compõem as margens (Rinaldi & Darby, 2008). Apesar de muitos estudos reconhecerem que a erosão das margens é um produto integrado desses três processos, os mesmos tendem a adotar abordagens reducionistas que se concentram num único processo.

A Figura 15 apresenta um sumário da revisão bibliográfica, levado a cabo por Rinaldi & Darby (2008), no que concerne aos processos erosivos em margens de rios, estabelecendo uma relação entre o ano da publicação e o tema específico abordado, designadamente: **vegetação**, focando a importância desta na estabilidade das margens; **erosão**, o transporte sólido e a dinâmica fluvial; **estabilidade**, descrevendo os mecanismos de rotura e as formas de os impedir; **outros parâmetros**, desenvolvendo os processos de sedimentação e a influência do tipo e geometria do canal; **e**, **interação**, entre os diversos processos de erosão e os mecanismos de rotura. Na revisão foram analisados um total de 194 artigos, desde 1959 a 2007 (Rinaldi & Darby, 2008).

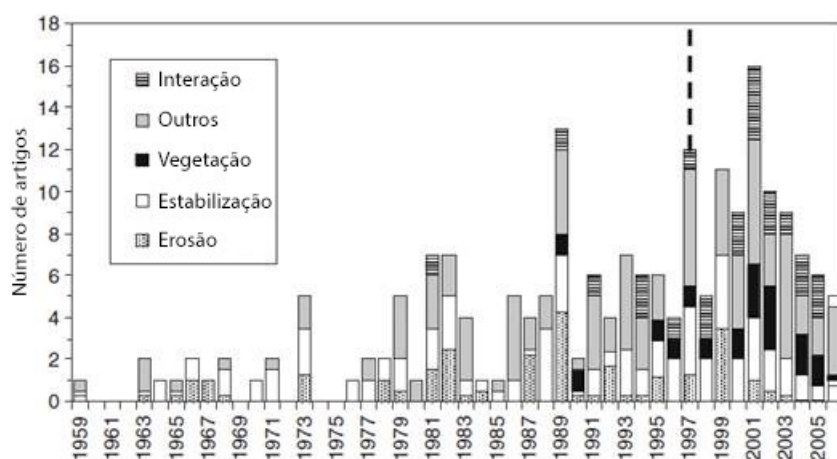


Figura 15 - Sumário da revisão bibliográfica realizada sobre os processos erosivos em margens de rios (adaptado de Rinaldi & Darby, 2008)

As interações e relações entre os diferentes processos erosivos são um ponto fundamental na caracterização de uma margem. Desta forma são estabelecidos “*feedbacks*” entre os mesmos, que podem conduzir a resultados que não são previsíveis *à priori* e, por outro lado, a não retirar conclusões tendenciosas da fase de caracterização.

2.4.2.2. ESTABILIDADE DA MARGEM

A estabilidade das margens pode ser entendida como o equilíbrio entre as forças gravíticas e as forças resistentes do material da margem, sendo esta colocada em causa quando as forças gravíticas excedem as forças resistentes. Este equilíbrio está dependente dos fatores que promovem as condições de estabilidade da margem e pelos fenómenos que provocam a instabilização do talude.

Os fatores naturais que afetam diretamente a estabilidade das margens são uma combinação complexa de variáveis que se alteram de acordo com as características do rio, em grande parte devido à geomorfologia e dinâmica dos sistemas fluviais. A estabilidade das margens e o seu estado de erosão são bons indicadores acerca da estabilidade geral de um rio, na medida em que um problema corrente em sistemas fluviais é o deslizamento de solo das margens para o seu leito, originando obstruções, assoreamentos e contaminações do ecossistema ribeirinho.

A magnitude das alterações das condições de estabilidade de uma margem depende, essencialmente, das características geotécnicas (composição e disposição) do material da margem, da geometria (altura e ângulo) da margem e da influência da vegetação (revestimento vegetal). Será de realçar que cada um desses fatores pode variar com as características endógenas de cada rio e no do próprio rio pode variar de forma notória.

Nesse sentido, descrevem-se de uma forma sucinta e individual, os fatores mencionados anteriormente, que influenciam diretamente as condições de estabilidade das margens:

- **Características geotécnicas (composição e disposição do material das margens)**

O material constituinte de uma margem pode ser classificado como solo argiloso (material coesivo), como solo arenoso (material granular) e como solo composto (materiais coesivo e granular), sendo que o que marca realmente a diferença de comportamento mecânico entre estes solos “tipo” é uma propriedade hidráulica: a respetiva permeabilidade (Maranha das Neves, 2012). Esses materiais podem ainda estar dispostos na margem de forma homogénea, sendo a margem constituída pelo mesmo material, ou em diferentes camadas, apresentando estratificação.

Na situação de a margem ser composta por material coesivo, esta terá uma maior resistência às tensões impostas pelo escoamento e, portanto, aos processos erosivos, na medida em que existe coesão e menor percentagem de espaços vazios. Este tipo de material – coesivo - tem uma característica peculiar, a impermeabilidade, de que resulta a pequena variação das características mecânicas do material, face às alternâncias do nível de água no curso de água.

No caso de a margem ser composta por material granular, a resistência aos processos erosivos está dependente do tamanho das partículas e do seu grau de consolidação. Quanto maior o tamanho das partículas, maior é o peso que é exercido sobre a margem e, logo maior a resistência às ações do escoamento. O grau de consolidação do material da margem beneficia o imbricamento das partículas diminuindo a existência de espaços vazios.

Os diferentes materiais podem estar dispostos de forma homogénea ou em camadas, isto é, apresentando estratificação. Quando existe estratificação, a caracterização mecânica do material pode sofrer alterações súbitas devido às diferentes capacidades de resistência de cada camada de material.

Nas margens compostas por material homogéneo, o material apresenta as mesmas características mecânicas em toda a profundidade, sendo as zonas inferiores as mais reforçadas, pois apresentam um menor índice de vazios. Este reforço de resistência é muito importante, pois é na base da margem onde as tensões de arrastamento são mais elevadas (ver figura 10).

A presença de estratificação do material da margem acelera a sua instabilização, na medida em que estando todas as camadas sujeitas às mesmas ações do escoamento, o material granular será mais facilmente erodido do que o material coesivo, uma vez que apresenta uma menor resistência às ações do escoamento.

Avaliar as propriedades do solo para análise das características geotécnicas do material das margens é uma etapa complexa, mas com um grande significado e importância na abordagem da identificação do estado e potencial de erosão das margens, como se verá no capítulo 4.

- **Geometria (altura e ângulo da margem)**

A geometria da margem compreende o ângulo que o talude da margem faz com a superfície livre do escoamento e a altura do talude (Figura 16).

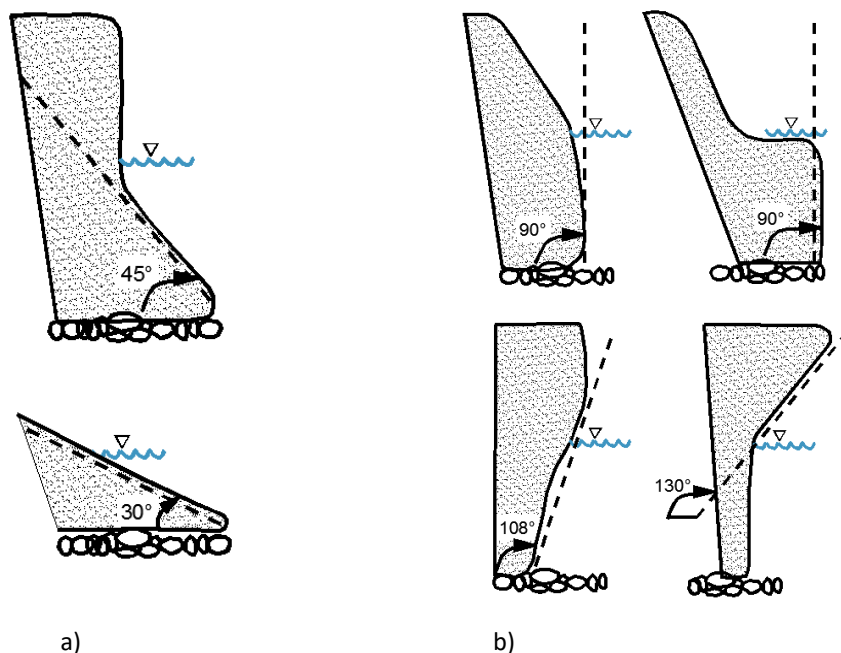


Figura 16 - Esquema auxiliar de medição de ângulos da margem: a) margens com ângulos inferiores a 90° ; b) margens com ângulos iguais ou superiores a 90° (adaptado de Rosgen, 2001)

Obviamente, que estas características são influenciadas pelos materiais que compõem as margens e têm uma forte influência na estabilidade. De tal forma, que é possível estabelecer uma correspondência entre o tipo de material presente na margem e a geometria da mesma:

- **Solos argilosos:** tendência para margens verticais ou com ângulos superiores a 90° devido à sua coesão;
- **Solos granulares:** tendência para margens com ângulos inferiores a 90° devido às suas propriedades particulares; poderão verificar-se situações em que margens compostas por materiais granulares tenham ângulos próximos de 90° , devendo-se tal, à presença de uma grande densidade de raízes no talude, que formando uma estrutura que permite suportar o material da margem.

Os processos erosivos tendem a verticalizar as margens na base do talude em resultado da intensificação das tensões de arrastamento. Essa tendência depende não só do tipo de material, mas também da influência da vegetação presente no talude. A altura da margem é independente do material da mesma; contudo, margens com elevada altura são mais frequentes na presença de argilas ou siltes.

Portanto, em conjunto, o ângulo e a altura da margem determinam a sua estabilidade, sendo que quanto maior for o ângulo e a altura da margem, menor é a segurança do talude.

• Influência da vegetação (revestimento vegetal)

O revestimento de margens com vegetação é apontado por muitos autores (Kondolf & Curry, 1984, 1986; Gray & MacDonald, 1989; Beeson & Doyle, 1995) - como sendo o fator que mais contribui para a estabilidade de uma margem. Na realidade, a vegetação aumenta a estabilidade das margens criando uma estrutura compósita de raízes e de solo que apresenta uma elevada tensão resistente, reduzindo a velocidade da água junto à margem com o aumento da rugosidade (Gray & MacDonald, 1989).

A capacidade da vegetação para aumentar a estabilidade de uma margem está dependente não só dos fatores anteriormente mencionados, mas também do tipo e vigor da vegetação, densidade e profundidade das raízes e posição de cobertura vegetal na margem, originando uma interação que contribui para aumentar a resistência contra os processos erosivos provocados pelo escoamento. Por conseguinte, o aumento da resistência às ações do escoamento está dependente da escala, ou seja, está dependente do tamanho do curso de água e do tipo de vegetação que o protege.

A estabilização de margens com recurso à vegetação tende a ser mais eficiente em rios de pequena dimensão (Thorne, 1982). A utilização de árvores de grande porte, em margens debilitadas, pode funcionar como um mecanismo de instabilidade, pois apesar da transferência de tensões resistentes ao solo, vão criar um aumento de peso considerável sobre a margem. Nesse sentido, para rios de pequena dimensão é usual a utilização de pequenas árvores, arbustos e plantas herbáceas que aumentam a tensão resistente do solo, sem um significativo aumento do peso na margem, contribuindo de forma mais eficaz para a sua estabilidade (Julian & Torres, 2006).

De acordo com a generalidade da literatura, (Thorne, 1990; ASCE, 1998; Simon & Collinson, 2001; Dapporto *et al.*, 2003; Julian & Torres, 2006; Langendoen & Simon, 2008), a vegetação protege e reforça a estrutura das margens contra a erosão. Para a consideração dos correspondentes efeitos, são utilizados coeficientes multiplicadores, de acordo com o tipo de vegetação.

O Quadro 2 apresenta os coeficientes que majoram a tensão crítica do material da margem em função dos diferentes tipos de coberto de vegetação (Julian & Torres, 2006).

Quadro 2 - Coeficientes de majoração da tensão crítica do material da margem tendo em conta o coberto da vegetação (Julian & Torres, 2006).

Vegetação da Margem	τ_c (coeficiente)
Sem vegetal	1.00
Herbáceo	1.97
Árvores esparsas	5.40
Árvores densas	19.20

Outra abordagem similar é apresentada por Millar & Quick (1998) e também por Julian & Torres (2006), com coeficientes que majoram a tensão crítica do material da margem em função da percentagem da área do talude que é revestido por vegetação (Quadro 3).

Quadro 3 - Coeficientes de tensão crítica do material da margem tendo em conta a percentagem da área do talude que é revestido por coberto da vegetação (Julian & Torres, 2006).

Área de Coberto da Vegetação	τ_c (coeficiente)
Sem cobertura vegetal (0%)	1.00
Esparsa (< 25%)	1.50
Média (25 – 75%)	2.00
Densa (> 75%)	2.50

2.4.2.3. MECANISMOS CAUSADORES DE INSTABILIDADE E ROTURA DAS MARGENS

As margens fluviais podem ser consideradas instáveis se o seu estado sofrer alterações durante um determinado período de tempo. A magnitude da alteração do estado de equilíbrio do sistema e o tempo que tal demora a ocorrer depende de vários fatores, aos quais estão associados diferentes mecanismos de rotura. As causas que provocam a instabilidade (mecanismos de rotura) das margens podem ser analisadas, com base em dois tipos (Cramer, 2002):

1. Baseadas nas condições *in situ*;
2. Baseadas nas condições de maior alcance (à escala do troço ou bacia hidrográfica).

Simon *et al.*, (1999) indicam que os fenómenos que provocam a instabilização do talude resumem-se a dois tipos: i) remoção do material da base da margem; e, ii) alterações nas condições de resistência do material da margem, sendo estas as principais causas de instabilidade numa margem (Cramer, 2002) (Figura 17).

Os mecanismos causadores de instabilidade podem advir de vários processos: (i) solos saturados; ii) aumento de carga sobre a margem; iii) perda de estrutura radicular; iv) remoção de suporte subjacente; v) ponto de passagem (pontes ou passadiços); vi) características específicas da margem; vii) obstrução (resíduos sólidos ou detritos de árvores); viii) vegetação ausente ou reduzida; ix) desenvolvimento de uma curva; e, por último x) a baixa rugosidade do curso de água (Simon *et al.*, 1999; Cramer, 2002).

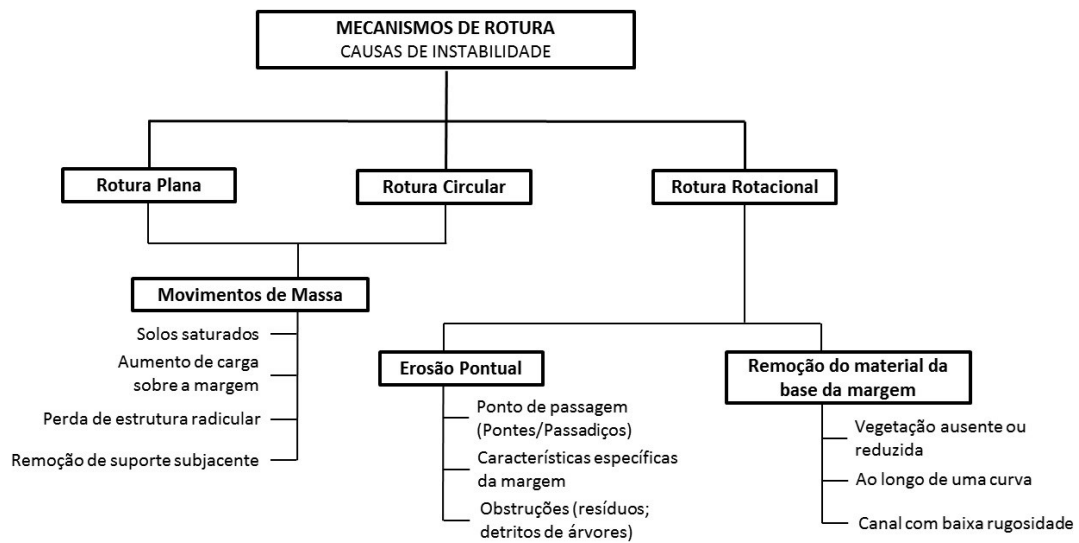


Figura 17 – Avaliação dos mecanismos de rotura e principais causas, de instabilidade da margem, com base nas condições *in situ* (adaptado de Cramer, 2002)

Para cada um dos três tipos de mecanismos de rotura identificadas na Figura 17: plana, circular e rotacional - é apresentada uma descrição detalhada, como se segue:

• Rotura Plana

Taludes verticais, normalmente, apresentam superfícies de rotura planas, arrastando grandes quantidades de material para o leito do rio (Figura 18).

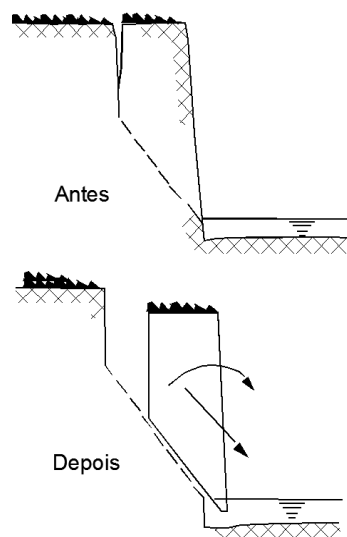


Figura 18 - Mecanismo de rotura típico para margens com altura superior a 5m e com taludes verticais: Antes - Abertura da 1ª fenda vertical; Depois - Início do escorregamento pela base; Rotura rotacional do material da margem; Deposição do material junto ao pé do talude (adaptado de Escameia, 1998).

• Rotura Circular

Este tipo de rotura surge, normalmente, em taludes com alturas elevadas (altura superior a 5m) com ângulos inferiores a 90° (Figura 19).

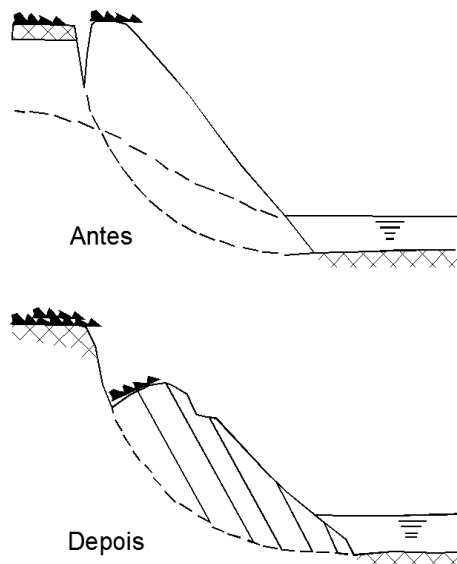


Figura 19 - Mecanismo de rotura típico para margens com altura superior a 5m e com talude com ângulo inferior a 90° (adaptado de Escameia, 1998)

A estes dois tipos de rotura (plana e circular) está associado o processo erosivo de movimentos de massa, que corresponde ao movimento descendente de grandes massas intactas de solo e rocha. Isto ocorre quando a tensão atuante (peso) excede a tensão resistente do material. Noventa e cinco por cento (95%) de todos os movimentos de massa são acionados pela saturação dos solos (Cramer, 2002).

O aumento da carga sobre a margem pode ser devido à presença de árvores de grande porte como referido anteriormente ou à alteração do uso da margem, que resulta numa sobrecarga no talude da margem; ou, devido à saturação do solo por infiltração, aquando de precipitação intensa. A infiltração da água, além de sobrecarregar a margem, diminui a capacidade resistente do material da margem por alteração das suas propriedades mecânicas, visto que a presença de água anula as pressões negativas que se traduzem num importante incremento de resistência no material da margem (Magalhães, 2010).

A ocorrência desses tipos de rotura pode resultar da combinação de vários mecanismos de rotura para além dos referidos, tais como: a remoção do material da base da margem ou a erosão interna (*piping*) (Escameia, 1998; Magalhães, 2010).

• Rotura Rotacional

Este tipo de rotura surge devido a uma erosão pontual localizada ou por remoção do material da base da margem, quando o peso do material suspenso excede a capacidade resistente do material da margem, conduzindo à queda deste, normalmente, em blocos. A ação do escoamento provocará a

formação de cavidades ao longo da parte inferior da margem, originando três modos distintos de rotura (Figura 20, sequência antes-depois): rotura originada pelo corte do material; rotura originada pela rotura da camada imediatamente por baixo da camada superficial; e, rotura originada por corte rotacional (Escarameia, 1998).

Essa remoção é mais frequente em margens que apresentam estratificação, embora também ocorra em margens com material homogêneo, dependendo somente da resistência do material.

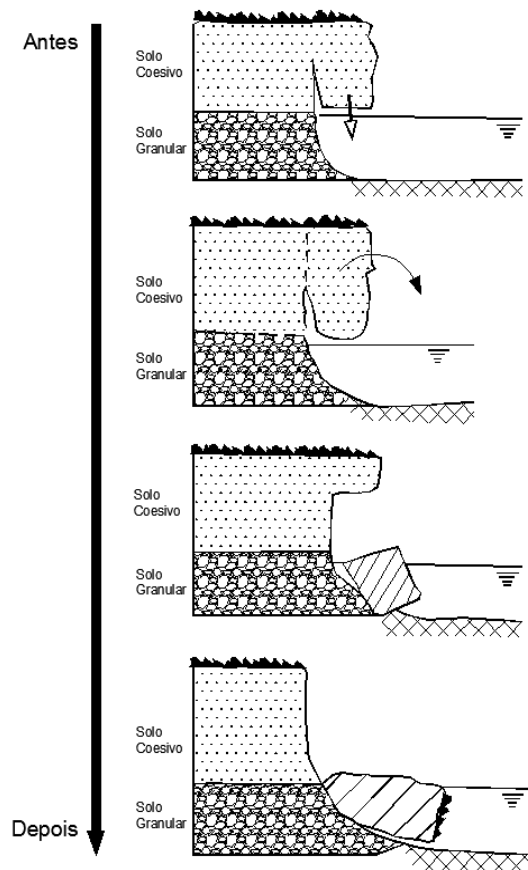


Figura 20 - Mecanismo de rotura típico para margens de baixa altura e com material estratificado (adaptado de Escarameia, 1998)

A erosão pontual aparece de forma discreta ao longo das margens, como resultado de uma pressão localizada, do tipo antrópico ou de outro tipo. É gerada por variações do escoamento em torno de obstáculos, formando depressões no leito e margens (ex: estreitamento do canal, travessias de pontes e presença de resíduos ou detritos de árvores no leito) (Figura 21).

A remoção do material da base do talude deve-se à existência de tensões de arrastamento por ação do escoamento superiores às tensões resistentes do material da margem, sendo o seu valor dependente do tipo de material que compõe a margem e que tem associada uma capacidade resistente. Este mecanismo de instabilidade é frequente em margens compostas por material estratificado. As ações do escoamento removem as partículas do material granular, deixando espaços vazios na estrutura da margem, favorecendo a remoção e desintegração das partículas de

maior dimensão, ficando toda a camada de material da margem comprometida. A parte superior do talude, se composto por material coesivo, acabará por romper, depositando na base da margem. A estrutura da margem é reforçada com este material e com as raízes presentes (Figura 22).

Este material ficará exposto novamente quando por ação dos processos hidráulicos, as forças destabilizadoras superarem as forças resistentes do material da margem, estando essas situações sujeitas a ciclos de remoção e deposição. O período desses ciclos está dependente da intensidade dos processos erosivos e das tensões resistentes do material superficial depositado.

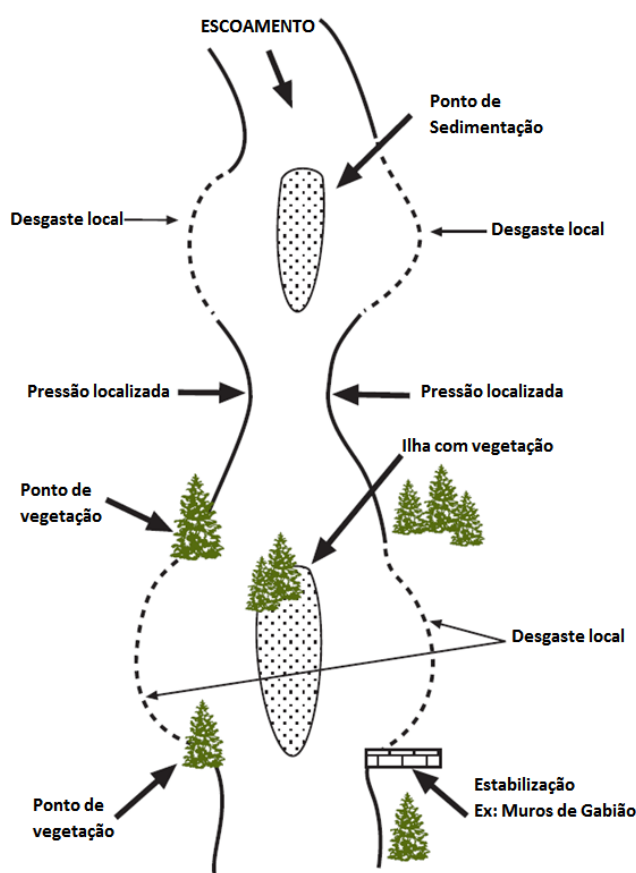


Figura 21 – Ilustração de pontos de erosão pontual em margens provocados por pressões localizadas (adaptado de Cramer, 2002)

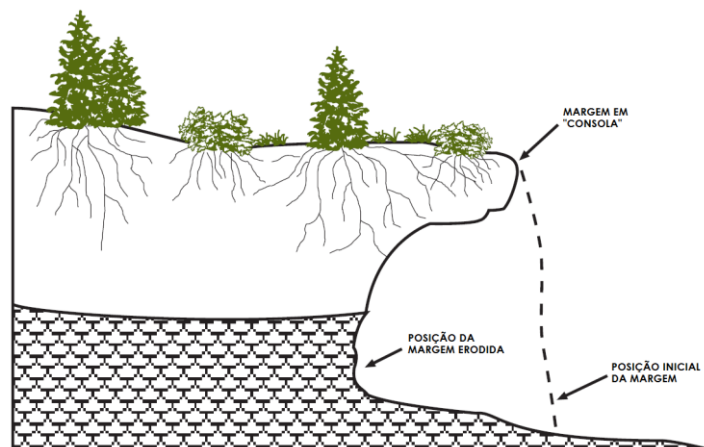


Figura 22 - Remoção do material da base da margem (adaptado de Cramer, 2002)

Ao longo do desenvolvimento de uma curva, o talvegue (o ponto mais profundo em cada secção do leito) tende a situar-se no lado exterior da curva, acentuando as forças erosivas (ver figuras 12 e 13). A determinação do aumento da tensão de arrastamento encontrado numa curva, com base no seu raio de curvatura e na largura do rio, pode ser feita através da avaliação de um coeficiente de majoração a aplicar à tensão de arrastamento do leito (Cramer, 2002) (Figura 23).

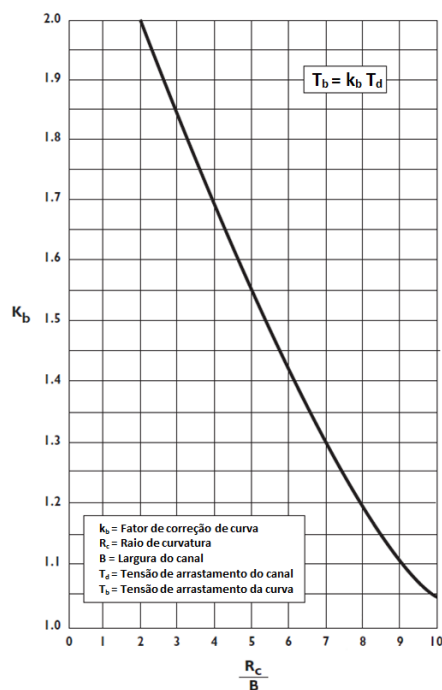


Figura 23 – Coeficiente de majoração de tensão de arrastamento em curve. O gráfico mostra o aumento da tensão de arrastamento com a diminuição do raio de uma curva (adaptado de Cramer, 2002)

Compreender onde se localizam as forças de erosão mais elevadas em margens e em vários pontos em planta é essencial para a adequada conceção de um projeto de estabilização de margens e, nomeadamente, para a identificação dos pontos de início e términos das estruturas de proteção, e, dessa forma, definir a transição de uma solução técnica mais exigente para uma menos exigente (ou

vice-versa). Em qualquer das situações referidas, o fator de segurança fica diminuído devido ao aumento das forças destabilizadoras e a uma diminuição das forças resistentes presentes na margem.

Saliente-se que as causas de instabilização anteriormente apontadas podem ser analisadas de forma separada ou ser consideradas altamente interdependentes e difíceis de avaliar em separado. Historicamente, a estabilização de margens fluviais concentrou-se na solução de problemas específicos de um determinado local instável, negligenciando o potencial alcance das instabilidades ao nível da bacia hidrográfica. No entanto, a elevada variação espacial e temporal associada a um curso de água e a heterogeneidade das características hidrogeomorfológicas e ecológicas, com diferentes impactos em diferentes partes da rede hidrográfica, estabelecem um desafio incompatível com intervenções de carácter casuístico. Ao ignorar este tipo de condições, as intervenções de estabilização de margens fluviais podem, realmente, causar mais danos do que benefícios.

A avaliação das condições de maior alcance (à escala do troço e bacia hidrográfica) deve ser realizada em conjunto com as condições *in situ*, sabendo que ambas podem estar a contribuir para a erosão das margens. A avaliação deverá incorporar e caracterizar as duas categorias de processos de larga escala, que causam erosão nas margens (Cramer, 2002):

1. Canal em equilíbrio (estável); e,
2. Canal em desequilíbrio (instável).

Para cada uma destas categorias, existe uma variedade de processos que podem ocorrer (Figura 24). Em seguida, são descritas as causas que dão origem aos diferentes processos físicos, com base nas condições de maior alcance (bacia hidrográfica).

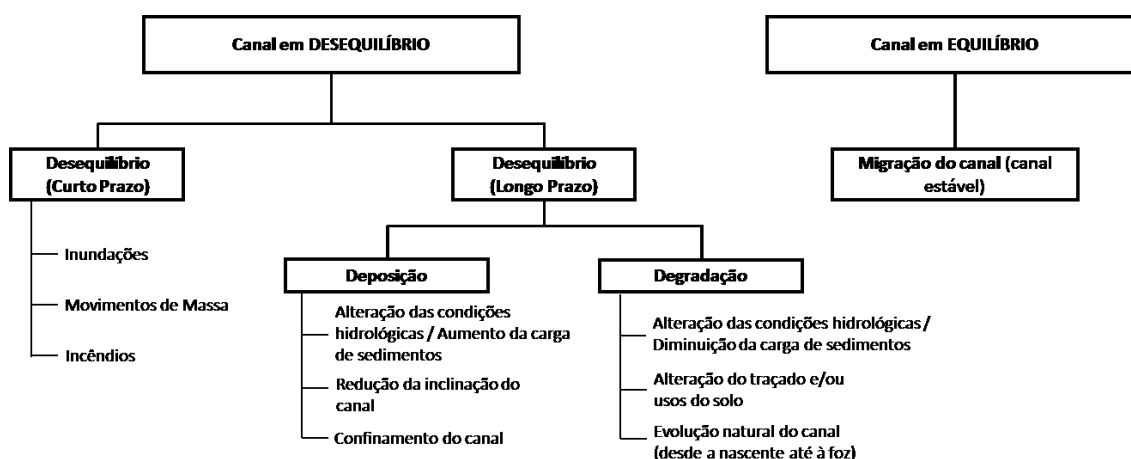


Figura 24 – Causas que dão origem aos processos de instabilidade baseados nas condições de maior alcance (adaptado de Cramer, 2002)

Os cursos de água em equilíbrio são mais comumente localizados em bacias hidrográficas, onde o fluxo de sedimentos e a entrada de escoamentos permanecem inalterados ao longo do tempo. No

entanto, o equilíbrio pode ser alcançado, eventualmente, em outras condições, através de ajustes de longo prazo.

O processo de migração lateral ocorre em cursos de água no estado de equilíbrio. Este resulta do desenvolvimento de diferentes padrões do escoamento que originam erosão ao longo da parte exterior das margens e deposição na parte interior. A taxa de erosão está dependente da capacidade de resistência do material da margem, atentas a tensão de arrastamento e velocidade de escoamento atuantes. Nesse sentido, a migração lateral do canal pode ocorrer de três formas (Cramer, 2002):

1. Migração por translação;
2. Migração por extensão; e,
3. Migração por rotação.

A perturbação e/ou ausência de vegetação nas margens é uma das causas comuns do aumento das taxas de erosão e migração lateral do curso de água. Todos os cursos de água são submetidos a mudanças periódicas. A alteração das condições hidrogeomorfológicas de uma bacia hidrográfica, especificamente, o regime de escoamento, a carga de sedimentos e a ocupação do solo contribuem para o desequilíbrio na morfologia do canal. Porém, essas mudanças não resultam, necessariamente, num canal em desequilíbrio. A tendência de um canal para estar em desequilíbrio depende da magnitude da perturbação, seja natural ou antrópica, em relação à capacidade de resistência/resiliência do canal.

As perturbações de curto prazo, como inundações de larga escala, movimentos de massa espontâneos e incêndios impulsionam uma alteração na dinâmica do canal e do escoamento. Os canais afetados por tais eventos, exigem um período de tempo para recuperar o equilíbrio hidrogeomorfológico, sendo que dificilmente recuperam o estado inicial (referência). Nessa fase é interessante avaliar a evolução e adaptação da vegetação ripária e outros *habitats* às perturbações do canal. O impacto geomorfológico resultante de inundações de larga escala está dependente da magnitude e frequência dos eventos e, ainda da capacidade do canal em recuperar entre os mesmos.

Quando um canal está sujeito a alterações no regime de escoamento e/ou carga de sedimentos, o canal irá ajustar-se. Esse ajustamento pode resultar em instabilidades de dois tipos, deposição ou degradação (Cramer, 2002):

▪ **Deposição:**

Um canal é considerado assoreado, quando a capacidade de transporte do curso de água é inferior à carga sedimentar do mesmo. O assoreamento do canal pode ocorrer naturalmente ou pode ser induzido ou acelerado por atividades antrópicas. As principais causas que dão origem ao processo de deposição são:

- **Aumento da carga de sedimentos:** pode resultar de fenómenos de erosão do canal a montante ou do transporte de sedimentos aquando de um evento de cheia; também a remoção de estruturas do leito, tal como açudes, pode desencadear descarga de sedimentos que se encontravam depositados a montante das mesmas;

- **Alteração das condições hidrológicas:** a alteração das condições de regime de escoamento a montante pode diminuir a energia mínima necessária para o transporte;
- **Redução da inclinação do canal:** a redução de inclinação corresponde a uma redução da energia para o transporte de sedimentos. Uma mudança súbita da inclinação origina, frequentemente, uma zona de deposição de sedimentos;
- **Confinamento do canal:** a redução da largura do canal diminui o fluxo do escoamento e, por conseguinte, o transporte de sedimentos.

▪ **Degradação:**

A degradação do canal acontece quando a energia necessária para realizar o transporte de sedimentos é excedida. Pode ocorrer como um processo gradual, com os fenómenos erosivos a desenvolverem-se em toda a extensão do canal (com material altamente suscetível à erosão), ou como situações pontuais. Um canal em degradação segue uma sequência evolutiva no sentido de alcançar uma nova secção estável, através da erosão das margens. A nova secção transversal do canal tem menos energia de escoamento, o que origina uma nova planície de inundação, sendo esta abaixo da planície já erodida.

As principais causas da degradação do canal estão relacionadas com a redução do fornecimento de sedimentos ou na alteração das condições do regime de escoamento:

- **Diminuição da carga de sedimentos: p.ex.:** pela ocorrência de dragagens no leito do rio, o que vai provocar uma alteração da dinâmica fluvial. Também, a presença de estruturas de proteção de margens à base de material resistente (p. ex: pedra) restringe a mobilização natural de sedimentos (migração lateral – canal estável);
- **Alteração das condições hidrológicas: p.ex.:** as mudanças no uso das margens podem causar um aumento de magnitude e/ou frequência dos eventos de cheia; as alterações climáticas também têm influência nas condições hidrológicas ao nível da bacia hidrográfica, nomeadamente na magnitude e duração desses eventos;
- **Alteração do traçado:** a modificação, artificialização ou regularização de um traçado poderá resultar num excesso de energia, nomeadamente pela redução de rugosidade do canal.

As causas naturais da degradação podem ser as mais variadas e estar interrelacionadas, como por exemplo o tipo de regime de escoamento e a geomorfologia. A variedade de causas que podem originar a erosão das margens fluviais torna uma avaliação um enorme desafio que, no entanto, é essencial para a determinação do adequado tratamento das margens. A avaliação das condições de maior alcance, isto é, à escala do troço ou bacia hidrográfica deve sempre ocorrer em conjunto com a análise das condições *in situ*, uma vez que cada tipo de análise pode influenciar a outra.

2.5. Linhas orientadoras na Política Europeia da Proteção do Solo (erosão fluvial)

A proteção do solo é, atualmente, uma questão de extrema importância e consensual para todos os Estados Membros da União Europeia (EU).

O solo, vulgarmente chamado “terra”, representa o suporte físico onde, sobre ele, nele e com ele se constrói, se produz, se movimenta e se usufrui praticamente de tudo o que é essencial à vida. As principais funções do solo são:

- Fonte de matérias-primas;
- Bases para a vida e a biodiversidade, nomeadamente em termos de *habitats*;
- Armazenagem, filtragem e transformação de nutrientes;
- Conservação do património geológico, geomorfológico e arqueológico.

Decorrente do abordado nos pontos anteriores, apresenta-se um breve enquadramento e contextualização temporal e narrativa dos factos e etapas, relacionadas com a temática de proteção do solo desde a primeira referência até aos dias de hoje.

Com efeito, na Cimeira do Rio em 1992 é reconhecida pelos estados participantes, a relevância da proteção do solo e acordado o conceito de desenvolvimento sustentável.

Na Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação, em 1994, é definido o objetivo de prevenir e reduzir a degradação dos solos e de recuperar os solos, parcialmente ou totalmente, degradados.

O relatório da Comissão Europeia (COM, 2001) aponta, em 2001, e pela primeira vez, as questões da perda de solos e da diminuição da fertilidade do solo como fatores que ameaçam o desenvolvimento sustentável. Já, em 2002, o 6º Programa de Ação em matéria de Ambiente reconhece que o solo é um recurso finito que se encontra sob pressão ambiental. É então, estabelecido um prazo para a definição e implementação de uma Estratégia Temática para a proteção dos solos.

Entre 2002 e 2004, são desenvolvidas várias iniciativas, dentro do espaço comunitário com a realização de várias reuniões e sessões de consulta pública para discussão de propostas da estratégia. Deste processo resultou, em setembro de 2006, uma comunicação da Comissão Europeia ao Conselho, Parlamento Europeu, Comité Económico e Social Europeu e Comité das Regiões, que estabelece a Estratégia Temática de Proteção do Solo acompanhada de uma Avaliação de Impacte e de uma proposta de Diretiva Quadro (COM, 2006). Nesta comunicação são definidas as principais orientações políticas, para ação futura, podendo ser individualizadas segundo o correspondente foco, orientado para a erosão fluvial ou hidráulica:

- a prevenção de ameaças e respetivos processos de degradação de solos;
- a identificação das zonas ameaçadas, em risco ou mesmo já degradadas consoante o tipo de ameaça e a abordagem aplicável;
- a ação sobre as zonas de risco com medidas adequadas à sua atenuação, eliminação ou recuperação, de âmbito local, regional ou nacional.

A proposta tem vindo, desde então, a ser apreciada pelos Estados-Membros, com o objetivo de obter um acordo político necessário para a sua aprovação em Conselho. No segundo semestre de 2007, com a Presidência Portuguesa do Conselho da União Europeia, houve um forte impulso na reformulação da proposta, decorrente dos contributos e comentários de todos os Estados – Membros. Nesse sentido, foi apresentada uma nova proposta em reunião do Conselho, não tendo, contudo, a mesma, obtido a votação necessária para aprovação. Posteriormente, a Presidência Francesa, no segundo semestre de 2008, e a Presidência Checa, no primeiro semestre de 2009, apresentaram novas propostas. Porém, mau grado o esforço e empenhamento desenvolvidos, os documentos finais produzidos não reuniram condições para que a sua aprovação se verificasse.

Atualmente, no espaço da União Europeia existem várias políticas com objetivos ambientais que apesar de não se dirigirem diretamente ao solo, acabam por contribuir para a sua proteção, como é o exemplo da Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE). No que, especificamente diz respeito à erosão fluvial, a proposta da Estratégia Temática para a Proteção do Solo destaca as principais funções do solo, as principais ameaças e fontes de degradação para o solo, os principais objetivos e princípios orientadores de atuação nesse âmbito.

Sendo a erosão fluvial ou erosão hidráulica, como é denominado no documento (COM, 2006), uma das oito principais ameaças para o solo, é premente a sua prevenção, preservação das funções e a reabilitação dos solos degradados.

Segundo a avaliação de impacte apresentada com a proposta (COM, 2006), destaca-se que cerca de 115 milhões de hectares, equivalentes a 12% do território Europeu, estão sujeitos à erosão pela água. Tal situação, leva à necessidade de uma visão integrada na proteção do solo - pensar global e agir local.

Face a estas linhas orientadoras, têm sido levados a cabo alguns desenvolvimentos ao nível dos Estados-Membro da UE, em especial sobre os tópicos destacados na Comunicação de 2006 (COM, 2006).

2.6. Enquadramento legal e institucional em Portugal

De acordo com o abordado anteriormente, o controlo de erosão em margens fluviais insere-se num âmbito mais vasto da gestão dos sistemas fluviais. Nesse sentido, descrevem-se em seguida, para Portugal, os principais documentos legais que dão suporte à gestão dessa matéria, bem como as entidades com responsabilidades pela sua implementação e/ou execução.

2.6.1. Enquadramento legal de base

O quadro legal e institucional da política da Água sofreu uma reformulação significativa, com a introdução da Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE), que levou a que o exercício de planeamento e gestão dos recursos hídricos fosse encarado ao nível da bacia ou região hidrográfica.

Para tal, em Portugal os principais documentos vigentes com a responsabilidade da gestão dos recursos hídricos relacionados diretamente com a gestão dos sistemas fluviais, são:

- Lei da Água (Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, na sua última redação dada pela Lei n.º 130/2012, de 22 de junho);
- Planos de Bacia Hidrográfica integrados numa região hidrográfica (como por ex: Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis integradas na região hidrográfica 4 – Resolução do Conselho de Ministros n.º 16-B/2013 de 22 de março).

2.6.1.1. LEI DA ÁGUA (LEI N.º 58/2005 DE 29 DE DEZEMBRO, ÚLTIMA REDAÇÃO DADA PELA LEI N.º 130/2012, DE 22 DE JUNHO)

A Lei da Água transpõe para a ordem jurídica nacional a diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água e veio estabelecer as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

Desde a sua publicação, foi complementada pelo Decreto-Lei 77/2006 e alterada pelo Decretos-Lei n.º 245/2009, de 22 de setembro (alteração dos regimes de utilização dos recursos hídricos), o Decreto-Lei 60/2012, de 14 de março (transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2009/31/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril, relativa ao armazenamento geológico de dióxido de carbono, e estabelece o regime jurídico da atividade de armazenamento geológico de dióxido de carbono (CO₂)), e o Decreto-Lei 130/2012, de 22 de junho (adapta o quadro institucional e de competências de gestão dos recursos hídricos, face à Lei Orgânica do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, e à orgânica da Agência Portuguesa do Ambiente, I. P.).

Esta Lei tem como objetivo dar resposta às preocupações da Comunidade no que concerne à prevenção, proteção, recuperação e valorização das águas em diferentes etapas, sendo este desafio incompatível com intervenções de caráter casuístico, como tinha vindo a ser feito até então. Nesse sentido, refletiu-se numa mudança de paradigma na proteção do ambiente, sendo traduzidos pelos princípios da precaução, da ação preventiva, da correção prioritariamente na fonte dos danos ambientais e do princípio poluidor-pagador, plasmados na DQA.

Segundo o - Artigo 24, ponto 2 - o planeamento da rede fluvial é assegurado através dos planos de gestão de bacia hidrográfica, designadamente:

“b) Os planos de gestão de bacia hidrográfica, de âmbito territorial, que abrangem as bacias hidrográficas integradas numa região hidrográfica e incluem os respetivos programas de medidas;”

Assim, cabe às Administrações de Região Hidrográfica¹ a elaboração e execução dos respetivos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica, bem como de eventuais Planos Específicos de Gestão das Águas.

Relativamente à problemática da erosão fluvial, no Artigo 33, pode-se destacar as medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas, nomeadamente:

- “b) Reabilitação de linhas de água degradadas e das zonas ribeirinhas;*
- c) Prevenção e proteção contra os efeitos da erosão de origem hídrica;*
- d) Correção dos efeitos da erosão, transporte e deposição de sedimentos, designadamente ao nível da correção torrencial;*
- e) Renaturalização e valorização ambiental e paisagística das linhas de água e das zonas envolventes;*

Além disso, no ponto 2 do mesmo artigo:

“A correção dos efeitos da erosão, transporte e deposição (...) que implique o desassoreamento das zonas de escoamento e de expansão das águas de superfície (...) só é permitida quando decorrente de planos específicos.”

Em relação à responsabilidade pela execução das intervenções de conservação e reabilitação da rede hidrográfica, à luz do disposto na DQA, a Lei da Água indica no ponto 5:

“As medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica devem ser executadas sob orientação da autoridade nacional da água (Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. – APA²), sendo da responsabilidade:

- a) Dos municípios, nos aglomerados urbanos;*
- b) Dos proprietários, nas frentes particulares fora dos aglomerados urbanos;*
- c) Dos organismos dotados de competência, própria ou delegada, para a gestão dos recursos hídricos na área, nos demais casos.”*

2.6.1.2. PLANOS DE GESTÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA

De acordo, com o disposto na Lei da Água (Art. 29), os Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica são *“instrumentos de planeamento das águas que, visando a gestão, a proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível da bacia hidrográfica”* tem como principais objetivos:

¹ Ver ponto 2.6.2.2., no presente documento, a parte referente ao enquadramento institucional.

² Ver ponto 2.6.2.1., no presente documento, a parte referente ao enquadramento institucional

- Garantir a sua utilização sustentável, assegurando a satisfação das necessidades das gerações atuais, sem comprometer as gerações futuras;
- Proporcionar critérios de afetação aos vários tipos de usos pretendidos, tendo em conta o valor económico de cada um deles, bem como assegurar a harmonização da gestão das águas com o desenvolvimento regional e as políticas setoriais, os direitos individuais e os interesses locais;
- Fixar as normas de qualidade ambiental e os critérios relativos à avaliação do estado das águas.

E, compreendem e estabelecem:

- “a) A caracterização das águas superficiais (...) na região hidrográfica (...);*
- b) A identificação das pressões e descrição dos impactos significativos da atividade humana sobre o estado das águas superficiais (...);*
- c) (...) a classificação e determinação do estado ecológico das águas superficiais, de acordo com parâmetros (...) hidromorfológicos (...);*
- e) A identificação de sub-bacias, sectores, problemas ou tipos de águas e sistemas aquíferos que requeiram um tratamento específico ao nível (...) de planos específicos (...);*
- f) A identificação das redes de monitorização e a análise dos resultados dos programas de monitorização sobre a disponibilidade e o estado das águas superficiais (...);*
- j) O reconhecimento, especificação e fundamentação das condições que justifiquem (...);*
- o) Os programas de medidas e ações (...) para o cumprimento dos objetivos ambientais, (...) com indicação das entidades responsáveis pela sua aplicação.”.*

O primeiro ciclo desses Planos, entretanto, designados por Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) iniciou-se (teoricamente, pois foram aprovados apenas em 2012) em 2009, sendo o planeamento estruturado em ciclos de 6 em 6 anos.

Esses documentos, enquadrados no primeiro ciclo de planeamento, vigentes até ao ano de 2015, tinham como objetivo constituírem-se como a base de suporte à gestão, à proteção e à valorização ambiental, social e económica das águas, criando instrumentos dinâmicos que se enquadrassem, segundo a estrutura e funcionamento dos ecossistemas em causa, num conjunto de medidas concretas e orientadas para a eficaz gestão dos recursos hídricos.

Com o objetivo de cumprir o calendário da DQA iniciou-se, em 22 de dezembro de 2012, o segundo ciclo de planeamento, que visa preparar os PGRH vigentes entre 2016 e 2021 (estabelecido no Anexo VII da DQA, no art. 29º da Lei da Água e na Portaria n.º 1284/2009, de 19 de outubro). Todas as fases de elaboração dos PGBH são sujeitas a consulta pública, com um calendário definido. Todos os atores-chave e o público em geral são parte integrante na participação e na elaboração dos planos, ao longo de todo o processo.

Em particular, no que diz respeito às erosões em margens fluviais é através destes planos que deverão ser identificados, para cada região hidrográfica, os principais problemas que deverão ser alvo de intervenção e eventuais riscos, bem como das condições potenciais de deterioração do estado das massas de água.

2.6.2. Enquadramento institucional

A Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de dezembro, última redação dada pela Lei n.º 130/2012, de 22 de junho) estabelece o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, definindo quais as instituições da administração pública cujos órgãos assumem competências de gestão da água (Art.º 7):

- Agência Portuguesa do Ambiente (APA, I.P.)
- Administrações de Região Hidrográfica (ARH)
- Conselho Nacional da Água (CNA)
- Conselho de Região Hidrográfica (CRH)

As competências de cada um destes órgãos, em matérias de erosões nos sistemas fluviais são devidamente identificadas na Quadro 4.

Quadro 4 - Competências de diferentes entidades e organismos na gestão da água em Portugal, em especial em matérias de erosões em sistemas fluviais (adaptado de Vivas, 2011)

Órgão	Responsabilidades na Gestão da Água (Lei n.º 58/2005, Art.º 7)	Principais competências em matéria de erosões nos sistemas fluviais
Agência Portuguesa do Ambiente (APA, I.P.)	Como autoridade nacional da água, representa o Estado como garante da política nacional das águas	<p>(Lei 58/2005, Art.8º)</p> <p>Elaboração do plano nacional da água e aprovação dos planos específicos de gestão de águas e de gestão de bacia hidrográfica e assegurar a sua revisão periódica;</p> <p>Garantir a monitorização a nível nacional, coordenando tecnicamente os procedimentos e as metodologias a observar;</p> <p>Assegurar que a realização (...) dos programas de medidas especificadas nos planos de gestão de bacia hidrográfica seja coordenada para a totalidade de cada região hidrográfica;</p> <p>Definir a metodologia da análise das características de cada região hidrográfica, bem como das incidências das atividades humanas sobre o estado das águas (...);</p> <p>Aplicar medidas para redução de caudais de</p>

Órgão	Responsabilidades na Gestão da Água (Lei n.º 58/2005, Art.º 7)	Principais competências em matéria de erosões nos sistemas fluviais
Agência Portuguesa do Ambiente (APA, I.P.)	Como autoridade nacional da água, representa o Estado como garante da política nacional das águas	cheia e criar sistemas de alerta para salvaguarda de pessoas e bens; Promover a requalificação e valorização dos recursos hídricos e a sistematização fluvial.
Conselho Nacional da Água (CNA)	Órgão consultivo do Governo no domínio das Águas	(Lei 58/2005, Art.º 11) Apreciar e acompanhar a elaboração do Plano Nacional da Água, dos planos de gestão de bacia hidrográfica e outros planos e projetos relevantes para as águas, formular ou apreciar opções estratégicas para a gestão sustentável das águas nacionais, bem como apreciar e propor medidas que permitam um melhor desenvolvimento e articulação das ações decorrentes; Contribuir para o estabelecimento de opções estratégicas de gestão e controlo dos sistemas hídricos, harmonizar procedimentos metodológicos (...).
Conselho de Região Hidrográfica (CRH)	Órgãos consultivo da Agência Portuguesa do Ambiente (APA I.P.), em matéria de recursos hídricos, para as respetivas bacias hidrográficas nela integrada.	(Lei 58/2005, Art.º 12) Apreciar e acompanhar a elaboração do plano de gestão da bacia hidrográfica e os planos específicos de gestão das águas; Formular propostas de interesse geral para uma ou mais bacias da região hidrográfica.

Quadro 4 (continuação) – Competências de diferentes entidades e organismos na gestão da água em Portugal, em especial em matérias de erosões em sistemas fluviais (adaptado de Vivas, 2011)

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DO CONHECIMENTO

3.1. Introdução

Tal como referenciado e, devidamente, conceptualizado no capítulo 2³, a erosão em margens de rios corresponde a um processo natural que está presente em todos os rios, não obstante, poder ser acelerado por ações antrópicas de forma pontual ou de forma prolongada. Tendo em consideração a natureza desse processo e reconhecendo o problema da erosão como uma das causas mais relevantes da instabilidade dos sistemas fluviais a que estão, frequentemente, associados impactos ambientais, sociais e económicos significativos, torna-se de extrema importância o seu enquadramento no âmbito da gestão dos recursos hídricos. A gestão de problemas de erosão em margens deverá, assim, ser parte integrante do planeamento dos recursos hídricos, nomeadamente ao nível da bacia hidrográfica.

Os fenómenos de erosão fluvial podem levar à ocorrência de impactos muito significativos, em especial em rios de grande dimensão. Nos Estados Unidos, estima-se uma perda de 16 biliões de dólares por ano, devido a problemas de erosões em margens, como resultado do aumento do transporte de sedimentos (Radspinner *et al.*, 2010). Os impactos mais relevantes acabam por ser a perda dos terrenos contíguos, afetando a qualidade da água e os *habitats* ribeirinhos e o aumento do risco de segurança da população local junto às linhas de água.

Em Portugal, não existe uma quantificação económica dos impactos associados à erosão fluvial; no entanto, e como se verifica pela análise dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (1ª ciclo e 2º ciclo), há um aumento do número de medidas que visam a requalificação hidromorfológica, nomeadamente com a proposta de ações de estabilização, melhoria e recuperação de margens fluviais sujeitas a erosão. O fenómeno de erosão fluvial representa uma enorme ameaça sobre os recursos hídricos nas suas diversas funções e utilizações (Hipólito & Vaz, 2011; Teiga, 2011), uma vez que é responsável e principal causa da ocorrência de outros problemas (qualidade da água; eliminação de corredor ripário; perda de valor estético e paisagístico; entre outros) (Tánago & Jalón, 2006, 2011; Rinaldi & Darby, 2008; Pinto *et al.*, 2013a, b)). A definição de “áreas de elevado risco de erosão” permite desenvolver esforços de prevenção e mitigação dos potenciais impactos, devendo

³ Ver ponto 2.4.2 – Processo erosivo da margem

ser identificadas as principais causas subjacentes à erosão, de modo a potenciar a aplicação de medidas para a resolução ou minimização dos problemas diagnosticados. O esforço na identificação e avaliação do estado e potencial de erosão das margens, bem como da monitorização e ações de manutenção das estruturas de proteção de margens existentes, devem ser consideravelmente superiores nas regiões onde se verifique este tipo de situação.

No presente capítulo, será feita uma revisão do estado de conhecimento e dos principais desenvolvimentos a nível mundial, na identificação e avaliação do estado e potencial de erosão das margens e na seleção de soluções técnicas de intervenção, identificando as várias metodologias de caracterização/avaliação existentes e os diversos contributos dados nesse domínio. Por fim, serão apresentadas recomendações e linhas orientadoras ao nível das ações de monitorização de intervenções em margens fluviais.

3.2. Desenvolvimentos na identificação e avaliação do estado de erosão em margens fluviais

Desde 1990, o número de projetos de reabilitação fluvial aumentou de forma exponencial, quer nos Estados Unidos da América (EUA), quer no resto do Mundo (Endreny & Soulman, 2011). No entanto, os EUA destacam-se como um dos países onde, desde há muitos anos, é atribuída uma crescente importância a esta temática. O desenvolvimento de ferramentas informáticas (como por exemplo, o HEC-RAS, River 2D ou Flo-2D) ou diferentes metodologias e protocolos de avaliação do estado de um rio são alguns exemplos (Barbour *et al.*, 1999). Na Austrália é adotado um protocolo de avaliação expedita (AusRivas), com base no cruzamento das metodologias apresentadas na Europa e nos EUA (Parsons *et al.*, 2002).

Na Europa verificou-se, após a implementação da DQA, um crescente aparecimento de metodologias para avaliação do estado hidromorfológico de um rio (ou massa de água, como é designado na DQA), por forma a dar resposta ao estabelecido na diretiva (DQA, 2000). A avaliação hidromorfológica pode ser definida como a avaliação e classificação das condições hidrológicas e geomorfológicas de um rio, onde é incorporada a identificação e avaliação do estado de erosão em margens como uma variável de caracterização no âmbito desse tipo de avaliação. Belletti *et al.*, (2015) realizaram uma revisão de 121 metodologias de avaliação do estado hidromorfológico de um rio aplicadas por todo o mundo, destacando os pontos fortes, limitações, lacunas, o potencial de integração em diferentes abordagens e a necessidade de melhorias. Essa análise permitiu identificar que as diversas metodologias variam em termos de conceitos, objetivos, escalas espaciais, tipos de dados recolhidos e, consequentemente, no modo de aplicação (England & Gurnell, 2016). Tendo em contas essas diferenças, Belletti *et al.*, (2015), agruparam as metodologias em quatro categorias: (1) avaliação dos habitats físicos (*physical habitat assessment*); (2) avaliação do corredor ribeirinho (*riparian habitat assessment*); (3) avaliação morfológica (*morphological assessment*); e, (4) avaliação do regime hidrológico (*assessment of hydrological regime alteration*). Apesar de, efetivamente, os resultados da avaliação hidromorfológica resultarem de uma análise holística e integrada das quatro categorias referidas, o que se tem verificado é que a maioria das metodologias analisadas apenas incorpora

uma dessas categorias (Belletti *et al.*, 2015). Em Portugal, no âmbito da implementação da DQA, o método *River Habitat Survey* (RHS), integrado na categoria de avaliação dos habitats físicos (INAG, 2009; Raven *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2011) foi o selecionado para realizar a avaliação dos elementos hidromorfológicos (regime hidrológico, a continuidade fluvial e as condições morfológicas), utilizados para a classificação do estado ecológico das massas de água, com mais de 400 locais analisados. No entanto, foram desenvolvidas outras metodologias para identificação do estado de conservação de troços fluviais e identificação dos tipos de pressões a que estão sujeitos (Cortes *et al.*, 2002; Fernandes *et al.*, 2007), desde logo com a sugestão de medidas de requalificação e restauro necessárias, à escala do troço e da bacia hidrográfica. No âmbito de tese de doutoramento, foi testado e aplicado um protocolo de atuação em campo – Índice de Reabilitação de Rios (IRR) (Teiga, 2011), que será descrito com pormenor adiante.

Por outro lado, a natureza específica desta matéria e a sua relevância no contexto holístico da reabilitação fluvial deu origem ao desenvolvimento de metodologias específicas para análise do estado de erosão das margens (Biedenharn *et al.*, 1997; Rosgen, 2001, 2006).

Com vista ao enquadramento deste trabalho, foi realizada uma breve descrição da aplicação de diferentes metodologias de avaliação do estado hidromorfológico de um rio, como fonte de informação sobre o estado de erosão das margens (Raven *et al.*, 1998; Barbour *et al.*, 1999; Parsons *et al.*, 2002; Tánago & Jalón, 2011; Teiga, 2011). Foram ainda comparadas, duas metodologias para análise específica do estado de erosão das margens, tendo sido estudadas e identificadas as principais limitações e dificuldades observadas, nomeadamente, na aplicação ao contexto geográfico português (Biedenharn *et al.*, 1997; Rosgen, 2001, 2006).

De referir que a súmula de experiências abaixo referenciadas foi selecionada, quer pela relevância científica, quer pela experiência existente na sua utilização, destacando as respetivas potencialidades e limitações.

3.2.1. Protocolos de bioavaliação rápida para rios (RBPs) - US EPA

Durante a década de 1980, a agência de Proteção Ambiental Americana (US EPA) chegou à conclusão que a aplicação dos procedimentos tradicionais de avaliação das diferentes componentes de um rio, nem sempre respondia de forma inequívoca à identificação das causas dos diferentes problemas diagnosticados. Reconhecendo o tempo necessário para efetuar esse tipo de avaliações e o elevado número de linhas de água para monitorizar nos Estados Unidos da América, a US EPA desenvolveu e propôs diferentes protocolos de bioavaliação rápida para rios (Barbour *et al.*, 1999). Esses protocolos foram concebidos originalmente como procedimentos de recolha, compilação, análise e interpretação de dados segundo abordagens de baixo custo, garantindo a validade científica. Sendo uma referência técnica/prática que sintetiza vários estudos apresentados até essa data, esses protocolos podem ser aplicáveis a uma gama ampla de fins, tais como: planeamento e gestão, tendo em vista a definição de prioridades de intervenção; avaliações da eficácia das ações de controlo e atividades de restauração propostas; identificação de fontes e causas dos problemas diagnosticados em rios; e, uma ferramenta de acompanhamento do que foi sendo desenvolvido através da

alimentação de uma base de dados. Os RBPs têm sido amplamente utilizados em muitos países para avaliar a qualidade biológica da água e o estado ecológico dos ecossistemas aquáticos (Plafkin *et al.*, 1989; Chessman, 1995; AQEM 2002).

No âmbito do presente trabalho, é descrito o protocolo de bioavaliação rápida de habitats físicos, definido como a avaliação da estrutura do habitat físico circundante à linha de água que influencia a qualidade da água e o estado das comunidades aquáticas. O processo metodológico de avaliação biológica envolve a análise de diferentes parâmetros por preenchimento das fichas de medições em campo, a saber: (i) Tipo de coberto e substrato do leito; (ii) velocidade de escoamento e profundidade do leito; (iii) existência de rifle-pools; (iv) deposição de sedimentos; (v) tipo de escoamento; (vi) alterações no canal; (vii) sinuosidade do canal; (viii) estabilidade da margem; (ix) proteção da vegetação das margens; e (x) largura da vegetação instalada, sendo a classificação apresentada da forma qualitativa em quatro níveis: ótima; sub-ótima; marginal e pobre e, da forma quantitativa com valores de 0 – 10 para cada margem.

O procedimento e cuidados a ter na avaliação em campo são a seguir resumidos:

1. Selecionar o troço de rio a ser avaliado. O espaço alvo de avaliação pode ser determinado como 40 vezes a largura do canal dominante. Todavia, alguns parâmetros podem requerer a observação de uma secção mais ampla do que o alcance estimado;
2. Preencher as fichas de medições em campo;
3. A realização da visita de campo deve caracterizar todos os parâmetros, havendo a atenção que não seja perturbado o *habitat*;
4. Desenhar um mapa do alcance de amostragem no verso do formulário de avaliação, por forma a complementar a informação registada;
5. O preenchimento das fichas de campo deve ser realizado por uma equipa não inferior a duas pessoas, de modo a haver um consenso na determinação dos diferentes níveis de classificação (qualitativa e quantitativa).

Apresenta-se, como exemplo, a ficha (viii) correspondente à avaliação da estabilidade da margem (Quadro 5).

Quadro 5 – Ficha de avaliação da estabilidade da margem – Ficha (viii) (adaptado de Barbour *et al.*, 1999)

Parâmetro (<i>Habitat</i>)	Categoria de Análise											
	Ótima			Sub-ótima			Marginal			Pobre		
Estabilidade da margem	Margens estáveis; Mínima evidência de erosão ou falha mínima na margem; baixo potencial de problemas futuros. <5% da margem afetada.			Estabilidade moderada; Pequenas áreas de erosão. 5-30% da margem com problemas de erosão.			Instabilidade moderada; 30-60% de margem com problemas de erosão. Elevado potencial de erosão durante escoamentos elevados.			Instável; muitas áreas erodidas; áreas de erosão ao longo de secções retas e curvas; 60-100% da margem tem problemas de erosão		
Resultado____(ME)	M. Esquerda	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Resultado____(MD)	M. Direita	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

A abordagem utilizada por Barbour *et al.*, (1999) é semelhante à utilizada no método *River Habitat Survey*⁴ baseado na avaliação *in situ* dos parâmetros de caracterização e nas classificações atribuídas.

3.2.2. AusRivas – Ferramenta de avaliação física dos sistemas fluviais

AusRivas é um sistema de avaliação expedita da integridade geomorfológica e ecológica de rios, aplicado na Austrália. Foi desenvolvido pelo Governo Federal Australiano em 1994, no âmbito do Programa Nacional de Reabilitação de Rios (PNRR), em resposta à crescente preocupação para a manutenção dos valores ecológicos ribeirinhos. O objetivo principal do PNRR é fornecer as informações necessárias para reverter a degradação das águas superficiais interiores no país.

Entretanto, em 2002, no âmbito do AusRivas desenvolveu-se uma ferramenta de campo para avaliação física dos sistemas fluviais (Parsons *et al.*, 2002). A construção dessa ferramenta resultou de uma análise alargada aos diferentes procedimentos adotados por diversas metodologias aplicadas na Europa e nos Estados Unidos, nomeadamente, Index of Stream Condition (Ladson *et al.*, 1999), River Styles (Brierley *et al.*, 2002), Habitat Predictive Modelling (Davies *et al.*, 2000), River Habitat Survey (Raven *et al.*, 1998) e, RBP's (Barbour *et al.*, 1999). Com efeito, foi possível identificar as vantagens/desvantagens, limitações e potencialidades da aplicação de cada metodologia e apresentar uma ferramenta devidamente ajustada à tipologia de rios e contexto geográfico da Austrália.

Essa ferramenta avalia as características físicas e geomorfológicas de rios e ribeiras, com base na caracterização de variáveis de controlo e de resposta de um troço fluvial. As variáveis de controlo podem ser descritas como os fatores ambientais de grande escala (bacia hidrográfica) que controlam a expressão das características dos *habitats* à escala local, sendo utilizadas como variáveis de previsão dentro da área da bacia hidrográfica; são obtidas, na sua maioria, em gabinete. As variáveis de resposta são as características ambientais à escala local. São usadas para formar grupos com características físicas semelhantes e são recolhidas em campo.

Apresentam-se, nos Quadros 6 e 7, respetivamente, as variáveis de controlo e as variáveis de resposta indicadas na ferramenta de avaliação física de rios (Parsons *et al.*, 2002) para caracterização dos parâmetros físicos e geomorfológicos de um troço fluvial. Na avaliação de campo, recomenda-se:

- A realização da visita de campo em condições de escoamento dominante (período de retorno aproximado de 2 anos);
- Registo fotográfico georreferenciado de cada local, anotando o estado de referência na ficha de dados.

As fichas de campo incluem um conjunto de desenhos e descrições que ajudam a selecionar a resposta adequada para as variáveis de resposta apresentadas no Quadro 7. As variáveis de controlo

⁴ Ver ponto 3.2.4 - *River Habitat Survey* - RHS

não estão presentes nas fichas de campo, uma vez que a correspondente informação é obtida através de sistemas de informação (SIG ou plataformas web).

Quadro 6 - Lista de variáveis de controlo da ferramenta de avaliação de rios - AusRivas (adaptado de Parsons *et al.*, 2002)

Variáveis de Controlo		
Categoria	Variável	Local de Amostragem
Localização na Bacia Hidrográfica	Latitude	Campo e Gabinete
	Longitude	Campo e Gabinete
	Altitude	Gabinete
	Distância à nascente	Gabinete
Características da Bacia Hidrográfica	Forma	Gabinete
	Área	Gabinete
	Inclinação	Gabinete
	Geologia	Gabinete
	Regime de escoamento	Gabinete
	Regime de sedimentos	Gabinete
Características do Vale	Forma	Campo
	Inclinação	Gabinete
	Largura	Gabinete
Uso do Solo	Escala da bacia	Gabinete
	Escala local	Campo

Quadro 7 - Lista de variáveis de resposta da ferramenta de avaliação de rios - AusRivas (adaptado de Parsons *et al.*, 2002)

Variáveis de Resposta		
Categoria	Variável	Local de Amostragem
Morfologia do Leito	Tipo de pontos de sedimentação	Campo
	Extensão dos pontos de sedimentação	Campo
	Formas de fundo	Campo
Secção Transversal	Largura do leito dominante	Campo e Gabinete
	Altura do leito dominante	Campo e Gabinete
	Largura do leito cheia	Campo e Gabinete
	Altura do leito cheia	Campo e Gabinete
	Largura da margem	Campo e Gabinete
	Altura da margem	Campo e Gabinete
	Relação largura/altura leito cheia	Campo e Gabinete
	Área da secção transversal do leito dominante	Campo e Gabinete
	Perímetro molhado do leito dominante	Campo e Gabinete
	Área secção transversal do leito	Campo e Gabinete

Variáveis de Resposta		
Categoria	Variável	Local de Amostragem
Substrato	cheia	Campo e Gabinete
	Perímetro molhado do leito de cheia	
	Compactação do material do fundo	
	Taxa de estabilidade do leito	
Características da margem	Granulometria dos sedimentos	Campo
	Forma	Campo
	Inclinação	Campo
	Tipo de material	Campo
	Estruturas de proteção artificiais	Campo
	Afloramentos rochosos	Campo
Vegetação ripária	Fatores de instabilidade	Campo
	Largura	Campo e Gabinete
Observações no local	Extensão longitudinal	Campo e Gabinete
	Impactos locais	Campo
	Nível de água	Campo

O comprimento do local de amostragem em análise varia em função da largura do canal de escoamento e é definido como 10 vezes a largura do leito de cheia; sendo que o comprimento do troço de rio em análise em que se insere o local de amostragem é considerado como sendo 1000 vezes a largura do leito de cheia. Os autores (Parsons *et al.*, 2002) sugerem uma sequência de tarefas a realizar no local de amostragem (Figura 25).

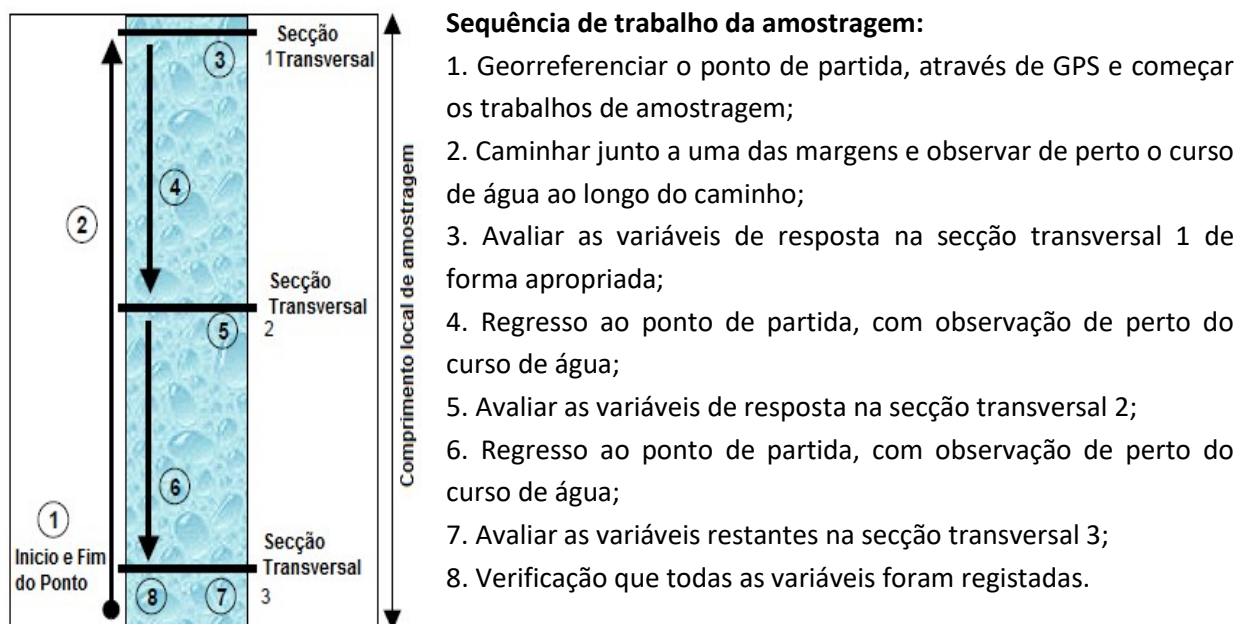


Figura 25 - Sequência de trabalho sugerida para um local de amostragem (adaptado de Parsons *et al.*, 2002).

O resultado da aplicação desta ferramenta é apresentado através de uma escala qualitativa de cinco categorias: Erosão Severa; Erosão Moderada; Estável; Deposição Moderada ou Deposição severa.

3.2.3. Índice da Qualidade Ripária

No âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água (DQA) em Espanha, Tánago & Jálón (2006, 2011) apresentaram uma proposta de metodologia para avaliar o estado ecológico das zonas ribeirinhas, composta por sete atributos – *Riparian Quality Index (RQI)*. Este índice representa um método de pesquisa rápida e padronizada, que é relativamente fácil de aplicar em campo. Para além da avaliação do estado ecológico das zonas ribeirinhas apresenta como potenciais aplicações as ações de diagnóstico para projetos de reabilitação fluvial, a definição de prioridades de conservação e a monitorização pós-intervenção.

Esses atributos podem ser facilmente avaliados através da análise de vários elementos da estrutura de funcionamento dos sistemas fluviais, que são em grande parte definidos pela sua dinâmica hidromorfológica. Os atributos referidos são:

- Continuidade longitudinal da vegetação ripária;
- Continuidade transversal da vegetação ripária;
- Composição e estrutura da vegetação ripária;
- Regeneração de espécies lenhosas naturais;
- Condição do estado da margem;
- Conectividade lateral;
- Permeabilidade de solos ripários.

Em termos da estrutura das zonas ribeirinhas, são identificadas três componentes essenciais (Figura 26). Em primeiro lugar, a continuidade longitudinal da vegetação, que é uma das principais características de corredores fluviais, garantindo um corredor ribeirinho. A existência de faixas de vegetação contínua ao longo do canal contribui principalmente para o controlo do fluxo ou movimento de água, nutrientes, sedimentos e espécies através da paisagem.

Em segundo lugar, a continuidade transversal da vegetação que define a área em que os processos e as funções hidrológicas e ecológicas têm lugar, influenciando a heterogeneidade de *habitats*.

Em terceiro lugar, a composição e estrutura da vegetação ripária, que reflete a qualidade ambiental de um dos principais elementos ribeirinhos – a vegetação –, sendo que esta condição deve ser avaliada em relação à composição e estrutura da vegetação definida para as condições de referência de cada troço do rio.

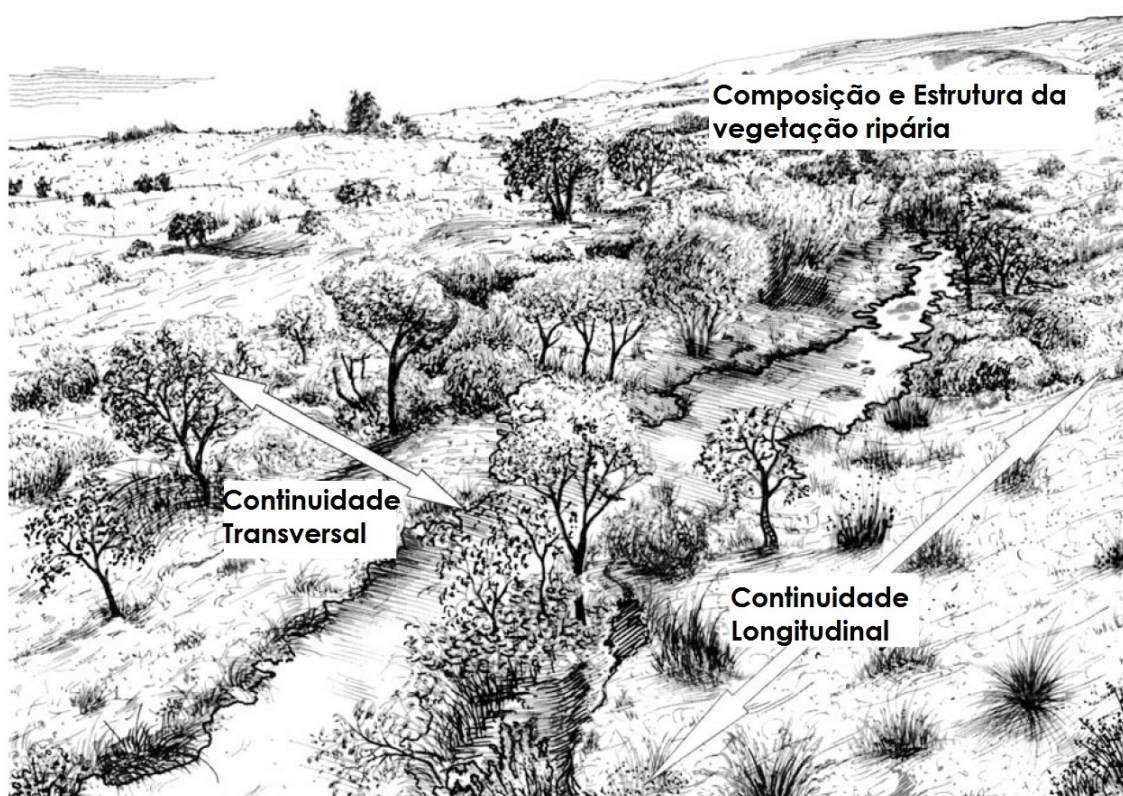


Figura 26 – Atributos que caracterizam a estrutura física das zonas ripárias (adaptado de Tánago & Jálón, 2006)

A regeneração natural das espécies lenhosas é necessária para garantir a manutenção da composição e estrutura da vegetação ao longo do tempo. As atividades humanas podem levar a que em certas condições esta regeneração natural seja reduzida ou até mesmo extinta, contribuindo para a alteração das tendências de sucessão. Por esta razão, a avaliação da composição e estrutura da vegetação ribeirinha deve ser complementada com a análise da regeneração natural de espécies lenhosas, o que pode ser estimado através da distribuição da classe de idades da espécie principal.

A avaliação da condição do estado da margem é realizada através da avaliação de indicadores sobre o estado natural da margem (alteração de usos do solo da margem; presença de vegetação e resíduos sólidos; mobilidade lateral; etc.) e da influência antrópica na instabilidade da margem (ausência de ações de manutenção da vegetação; revestimentos tradicionais com pedra; modificações da forma, altura, inclinação; etc.). O tipo de secção transversal de um canal influencia as condições da vegetação nos sistemas ribeirinhos, na medida em que exerce um controlo significativo sobre a geometria do próprio curso de água, controla o fluxo e encaminhamento dos sedimentos e, dessa forma, a diversidade dos *habitats* (Tánago & Jalón, 2011). A erosão das margens é a componente principal da dinâmica fluvial (Tánago & Jalón, 2011). O regime de perturbação natural que constitui esse processo dinâmico é responsável pela renovação de diferentes tipos de *habitats* e pela diversificação das planícies aluviais. Mas, muitas vezes, a erosão das margens é acelerada pelas atividades humanas, originando pontos de instabilidade que reduzem a conectividade do canal com a zona ribeirinha e por sua vez levam à deterioração do ecossistema ribeirinho.

A conectividade lateral entre o canal do rio e o seu leito de inundação é uma componente essencial nos sistemas fluviais (Tánago & Jalón, 2011). As variações do nível de água em canais fluviais associados à variabilidade do regime de escoamentos determinam, periodicamente, expansões laterais da superfície de água, inundando as áreas adjacentes. As tensões atuantes (tensões de arrastamento e velocidades de escoamento) aquando de períodos de inundação são responsáveis pelo ajuste constante da secção transversal, fazendo com que os processos de erosão e deposição determinem a heterogeneidade física em diferentes escalas espaciais.

A permeabilidade dos solos ribeirinhos tem, geralmente, origem em processos aluviais com eventos de erosão e sedimentação nos diferentes estágios de migração do canal (Munné *et al.*, 2003). Os solos permeáveis facilitam a infiltração de água e a recarga de águas subterrâneas durante as inundações, sendo que quanto mais permeáveis forem mais suscetíveis à erosão serão.

O sistema de avaliação do estado ecológico das zonas ripárias deve ser aplicado de forma separada para cada uma das margens, para os atributos: (i) continuidade longitudinal da vegetação ripária; (ii) continuidade transversal da vegetação ripária; e, (iii) composição e estrutura da vegetação ripária. Dessa avaliação resultam seis pontuações parcelares. A avaliação dos restantes atributos deve ser realizada de forma integrada para ambas as margens. Deste modo, resultam quatro pontuações parcelares. O resultado em cada local de estudo resulta do somatório das dez pontuações parcelares correspondentes aos sete atributos descritos anteriormente. O índice, RQI (*Índice da Qualidade Ripária*), é definido com base numa classificação qualitativa e quantitativa de seis categorias (Muito bom (130-150); Bom (100-129); Moderado (70-99); Pobre (40-69); Mau (10-39); e, Muito mau (<10)).

Este índice constitui uma ferramenta útil no contexto da DQA, utilizado para a caracterização do estado ecológico de zonas ripárias, para a identificação dos problemas existentes e para a formulação de estratégias de gestão das margens, visando a sua recuperação, reabilitação e restauração. A informação para a determinação do índice RQI encontra-se no Anexo 1.1.

3.2.4. River Habitat Survey

River Habitat Survey (RHS) é um método desenvolvido, testado e implementado no Reino Unido desde 1993, para caracterizar e avaliar em termos gerais e, de forma expedita, o estado e a qualidade dos habitats fluviais com base nas características físicas do canal (tipo de material do leito/margens; tipo de escoamento; processos de erosão-sedimentação; estrutura morfológica e de vegetação das margens e o uso do solo no corredor ribeirinho) (Raven *et al.*, 1998; 2009). A recolha desta informação em campo tem por base a caracterização de variáveis hidromorfológicas ao longo de um troço fluvial com 500m de comprimento, abrangendo uma faixa de 5m de largura de cada margem. Essas observações podem ser realizadas a dois níveis: através de transeptos (chamados *spot-checks*) dispostos em intervalos de 50m (análise individual de cada transepto) ou de modo ininterrupto (chamado *sweep-up*) ao longo de todo o troço fluvial (análise global do troço) (Figura 27). O levantamento de dados de campo segue o guia de atuação (RHS, 2003) e os técnicos que o desenvolvem devem ser experientes e credenciados. A informação recolhida é incorporada numa

base de dados, onde podem ser realizadas diferentes análises comparativas de resultados que sirvam de suporte a ações de conservação e reabilitação futuras.

Além da implementação no Reino Unido, o método RHS tem sido testado em diferentes países Europeus. Como exemplo, em 2009, mais de 200 troços de rio foram avaliados no âmbito do projeto internacional STAR (Standardisation of River Classifications); Em Itália, foram analisados cerca de 200 troços de rio; cerca de 600 troços analisados na Polónia e aproximadamente 400 troços fluviais na Cantabria, região Norte de Espanha (Raven *et al.*, 2009). Em Portugal, como referido anteriormente, foram analisados cerca de 400 troços de rio para avaliação dos elementos hidromorfológicos e consequente classificação do estado ecológico das massas de água, no âmbito do 1º ciclo dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica.

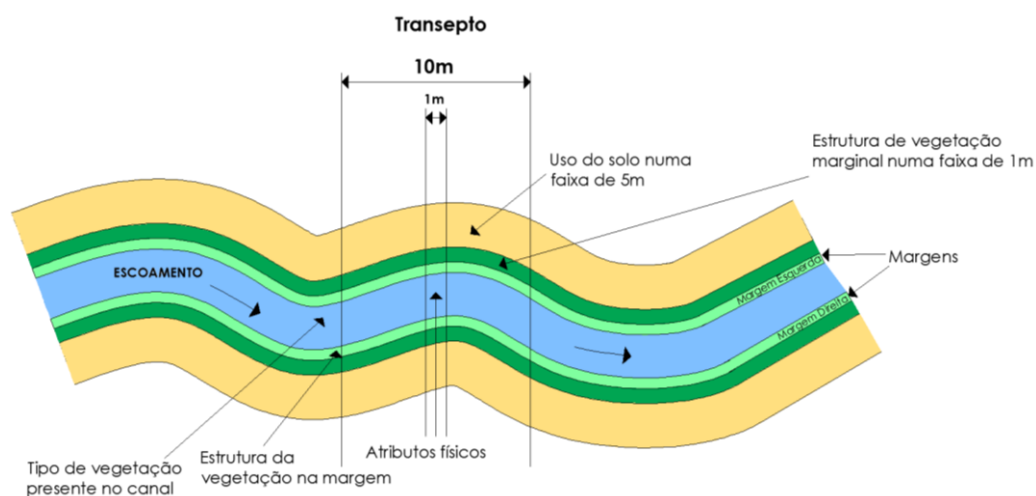


Figura 27 – Ilustração esquemática de um transepto pela análise do método River Habitat Survey (adaptado de Raven *et al.*, 1998)

Os dados recolhidos em campo para cada transepto permitem estabelecer a classificação da qualidade do habitat através do índice Habitat Quality Assessment (HQA) e a avaliação do grau de alteração ou modificação do habitat pela aplicação do índice Habitat Modification Score (HMS).

O HQA corresponde a uma medida da naturalidade da estrutura física do sistema fluvial em análise, integrando os atributos do leito e do corredor ribeirinho (INAG, 2009). O sistema de pontuação do HQA resulta do somatório de nove sub-índices referentes a diferentes aspetos da qualidade do habitat fluvial, nomeadamente: 1. Tipo de escoamento; 2. Substrato do leito; 3. Atributos do leito; 4. Atributos das margens; 5. Estrutura da vegetação marginal; 6. Vegetação aquática; 7. Ocupação do solo numa faixa de largura de 50 m ao longo das margens; 8. Presença e distribuição das árvores ao longo das margens e características associadas; e, 9. Características de especial interesse.

O sistema de pontuação HMS indica o grau da modificação do rio e a presença e extensão de estruturas transversais e longitudinais existentes ao longo do troço em análise e também a modificação da morfologia das margens causada por reperfilamentos ou implementação de soluções técnicas tradicionais de estabilização de margens (INAG, 2009). Valoriza a presença de infraestruturas, construções e outras alterações do habitat fluvial. Quanto mais elevada a pontuação,

maior será o grau de artificialização. Os seus valores oscilam entre o 1 – habitat pristino ou semi-natural; 2 – predominantemente não modificado; 3 – visivelmente modificado; 4 – significativamente modificado; e 5 – severamente modificado.

A informação (fichas de campo) para determinação dos índices Habitat Quality Assessment (HQA) e Habitat Modification Score (HMS) encontra-se no Anexo 1.2.

3.2.5. Índice de Reabilitação de Rios – IRR

Julga-se oportuno referir um protocolo de atuação testado e aplicado em Portugal, o Índice de Reabilitação de Rios - IRR (Teiga, 2011). Tal como as metodologias atrás referidas (Raven *et al.*, 1998; Barbour *et al.*, 1999; Parsons *et al.*, 2002; Tánago & Jalón, 2006, 2011), trata-se de uma metodologia de avaliação geral do estado de um rio.

A caracterização em campo efetua-se a partir da recolha e obtenção de dados de diferentes componentes de avaliação. A informação recolhida é tratada, codificada, reorganizada e classificada para cada ponto amostrado (secção de caracterização) e troço (Teiga, 2011). A metodologia deve ser aplicada para um troço compreendido entre 500m e 3km e ter definidos no mínimo 3 secções de caracterização. Para cada secção a observação deve corresponder, no geral, a troços de 10 m (5 m para jusante e 5 m para montante) (Figura 28).

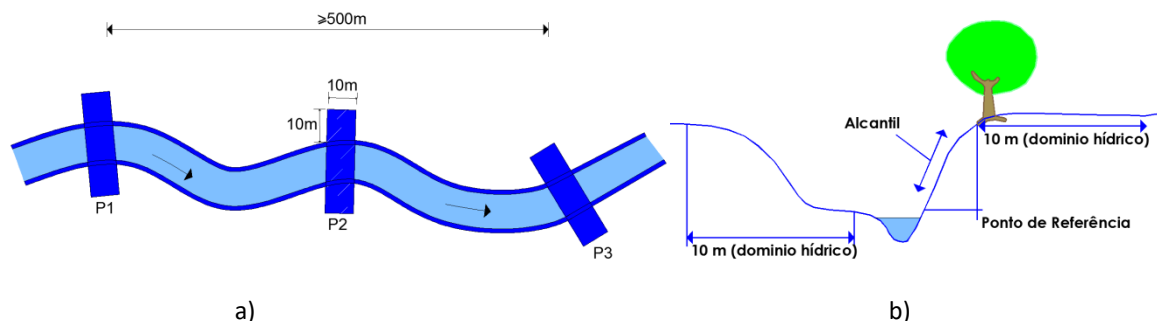


Figura 28 - a) Exemplo do modo de recolha de dados em campo para um troço do rio a caracterizar: P1, P2 e P3 – secções de caracterização com 10x10 metros; b) Exemplo da secção de caracterização (adaptado de Teiga, 2011)

A avaliação realizada em campo recorre a uma ficha de caracterização e levantamento de dados qualitativos e quantitativos, agrupados em sete tipologias de informação: A – Dados Gerais; B – Qualidade da água; C – Hidrogeomorfologia; D – Corredor Ecológico; E – Alterações Antrópicas; F – Participação Pública; e G – Organização e Planeamento, com a atribuição de índices a cada grupo. Cada tipologia de informação tem associado um conjunto de subcomponentes de caracterização, como se pode ver no Quadro 8. Os índices de avaliação estão graduados de I a V, sendo I – Muito Bom; II – Bom; III – Duvidosa; IV- Má; e V – Muito Má. A classificação final do índice de cada tipologia de informação (A a G) corresponde à avaliação mais gravosa atribuída a cada subcomponente de caracterização.

A classificação das várias componentes em estudo segue os princípios e indicadores de referência mencionados pela DQA e Lei da Água no âmbito da reabilitação de linhas de água. Do mesmo modo, para a classificação final do IRR efetua-se uma combinação dos diferentes índices atribuídos a cada tipologia de informação (A a G), sendo selecionada a avaliação mais gravosa atribuída. Os dados analisados são convertidos em classes de resultados a que correspondem cores e podem ser representáveis em mapas/cartas, tabelas, gráficos por secção de caracterização ou troço em estudo.

A caracterização do Índice de Reabilitação de Rios (IRR) permite identificar os principais problemas existentes, que necessitam de intervenção ao nível da reabilitação fluvial. Cada local em estudo pode então ser classificado pelo IRR, indicando o grau de perturbação da linha de água e das principais medidas de intervenção necessárias para atingir o bom estado da massa de água.

Quadro 8 - Componentes de avaliação do Índice de Reabilitação de Rios (IRR) (adaptado de Teiga, 2011)

Componentes	Subcomponentes de caracterização / Resultados
A. Dados Gerais	Os dados corretos e integralmente registados (com controlo de qualidade). Equipa com pelo menos um elemento com formação específica, saída de campo em segurança com material de campo.
	Resultado Total de A – Dados Gerais
B. Qualidade da água	
B1 – Físico-química/bacteriológica	Avaliação de campo e laboratório
B2 – Ecológica	Macroinvertebrados: diversidade e presença, %EPT e %AD, estado de saúde
	Resultado Total de B – Qualidade da água
C. Hidrogeomorfologia	
C1. Regime hidrológico	Regime de escoamento
C2. Características geomorfológicas	Dimensão do canal Estabilidade e erosão Forma do vale Tipo de substrato do leito, margens e geológico
	Resultado Total de C – Hidrogeomorfologia
D. Corredor Ecológico	
D1. Vegetação	Largura da vegetação; altura dominante e coberto da vegetação; Índice de Vegetação Ripícola (IVR); Índice de Conservação da Vegetação Ripícola (ICVR); Índice Simplificado da Qualidade da Vegetação Ribeirinha (ISQVR); Qualidade dos Bosques Ribeirinhos (QBR); grau de ensombramento do leito; Índice de Desenvolvimento da Vegetação (IDV); tipo de vegetação dominante; exóticas e invasoras.
D2. Fauna	Peixes; anfíbios; répteis; aves, mamíferos; crustáceos e moluscos; Presença de espécies exóticas e invasoras.
D3. Habitat	<i>Habitat</i> : leito/margem; Comunidades de <i>habitat</i> dominantes; Abundância de Matéria Orgânica (IAMO); Líquenes, musgos e fungos.
	Resultado Total de D – Corredor Ecológico
E. Alterações Antrópicas	
E1. Poluição	Efluentes, Resíduos, Ruído, Luminosa
E2. Construções	Sem infraestruturas; intervenções de regularização; estado de

Componentes	Subcomponentes de caracterização / Resultados
	conservação das construções
E3. Exploração (usos)	Usos do solo nas margens; utilização urbana (pública); utilização da água
	Resultado Total de E – Alterações antrópicas
F. Participação Pública	
F1. Disponibilização de informação	Local de informação por junta de freguesia mais próxima ou acesso público à internet, disponibilidade de informação (a técnicos e não técnicos) e acesso a informação de projetos de Participação Pública.
F2. Envolvimento público	Envolvimento dos decisores e com atividades de envolvimento: Sessões de Participação Pública no âmbito do projeto; grupos do Projeto Rios; associação local envolvida; existência de questionário/questionários à população; registo de sondagem/entrevista direta à população local.
F3. Acção	Integração das decisões de participação nas soluções de projetos de intervenção, existência de feedback das decisões discutidas e finais. Desenvolvimento de ações: Ações de participação ativa desenvolvidas junto às linhas de água; Desenvolvimento do Projeto Rios; Ação de fiscalização; Ação de monitorização; Ação de acompanhamento da participação; Envolvimento a população em ações no mínimo 1%.
	Resultado Total de F – Participação Pública
G. Organização e planeamento	
G1. Legislação	Cumprimento da legislação aplicável.
G2. Estratégia, planos de ordenamento e gestão	Estratégia de reabilitação em implementação e integrada com as figuras de ordenamento locais e regionais (PBH, PGBH-RH4, PDM, REN, RAN).
G3. Intervenções de melhoria	Definição de objetivos claros de intervenções de melhoria; - Ações de monitorização com valores de referência; Ações de fiscalização; Plano de intervenção em caso de acidente ou catástrofe; Plano de ações de intervenção e melhoria; Ações de manutenção com envolvimento dos proprietários.

Quadro 8 (Continuação) - Componentes de Avaliação do Índice de Reabilitação de Rios (IRR) (adaptado de Teiga, 2011).

No que diz respeito à avaliação do estado e potencial de erosão das margens, a análise é efetuada pela componente C2 (Hidrogeomorfologia – características geomorfológicas). No Quadro 9 são apresentadas as características geomorfológicas a avaliar ao nível da bacia hidrográfica. A área da análise corresponde à bacia hidrográfica onde se insere o troço de estudo.

Quadro 9 - Parâmetros de caracterização geomorfológica ao nível da bacia hidrográfica (adaptado de Teiga, 2011)

Hidrogeomorfologia - Características Geomorfológicas (C2)		
Bacia Hidrográfica	Características geométricas	Área
		Perímetro
		Comprimento do curso de água principal
		Largura média
		Índice de simetria
		Coeficiente de compacidade
		Forma da bacia
	Características topográficas	Altitude média

Hidrogeomorfologia - Características Geomorfológicas (C2)		
		Inclinação média
		Declive médio
		Área efetiva
		Tempo de concentração
	Precipitação	Precipitação média (<i>Thiessen</i>)
		Precipitação máxima
		Temperatura
	Sistema Fluvial	Frequência de drenagem
	Outras	Geologia

O Quadro 10 agrupa as características a analisar ao nível do troço, que são refletidas às secções de caracterização, para cada margem de forma independente.

Quadro 10 - Parâmetros de caracterização geomorfológica ao nível da bacia hidrográfica (adaptado de Teiga, 2011)

Hidrogeomorfologia - Características Geomorfológicas (C2)		
Curso de água	Dimensões	Altitude
		Distância à nascente
		Distância ao aglomerado urbano
		Altura do alcantil (talude)
		Secção transversal
		Largura (superfície de água)
		Largura (leito de cheia)
		Largura (leito molhado)
		Marcas de cheia/inundação/altura
		Declive do leito
	Estabilidade e erosão	Perfil das margens
		Presença de erosão leito/margens
		Tipo de sedimentação
		Uniformidade do canal
		Tipologia de morfologia do canal
		Índice de Grau de Qualidade do canal
		Forma do vale
		Tipo de substrato do leito/margens e geologia
		Continuidade fluvial

3.2.6. U.S. Army Corps of Engineers (USACE) - Waterways Experiment Station

A pedido da Agência de Proteção Ambiental Americana (US EPA) o U.S. Army Corps of Engineers publicou, em 1997, um manual de estabilização de margens fluviais, na sequência do reconhecimento dos graves prejuízos ambientais e económicos decorrentes das erosões das margens fluviais (Biedenharn *et al.*, 1997). O manual apresenta uma metodologia específica para avaliação do estado de uma margem, nomeadamente, através de um conjunto de fatores que influenciam a sua estabilidade, em particular na componente de geomorfologia fluvial, identificando: as principais mudanças nas características de um rio quando sujeito a diferentes tipos de pressões; e, a instabilidade de um sistema fluvial, referindo as potenciais causas para tal e os múltiplos fatores que podem modificar o comportamento de um rio.

De acordo com Biedenharn *et al.*, (1997), um rio e, em particular, o estado das suas margens deve ser avaliado como parte de um sistema global – à escala da bacia hidrográfica. Nesse sentido propõem 3 passos para a avaliação do seu estado: (1) recolha e compilação de informação; (2) visitas de campo; e, por fim (3) avaliação da estabilidade das margens.

O primeiro passo tem como objetivo realizar uma avaliação preliminar do local em estudo. Tal corresponde a verificar se existem fatores, ao nível da bacia hidrográfica, que possam influenciar as condições de resposta do rio às erosões. A utilização de dados históricos permite, desde logo a identificação de tendências e fornece informações úteis sobre as principais modificações ocorridas na bacia hidrográfica ao longo do tempo. O tipo de informação a reunir (Quadro 11), depende dos objetivos do estudo e dos tipos de problemas identificados à escala da bacia hidrográfica. A informação tipicamente recolhida inclui: a identificação de infraestruturas (como barragens ou pontes), o estado de conservação do canal, registos de inundações, informação de áreas de potencial erosão na bacia hidrográfica, bem como os usos do solo e informação geológica, entre outros. O conhecimento histórico das mudanças ocorridas no interior da bacia hidrográfica permite avaliar a resposta do rio às novas condições.

Quadro 11 – Recolha e compilação de informação (Biedenharn *et al.*, 1997)

RECOLHA E COMPILAÇÃO DE DADOS	
Variáveis de caracterização	Fontes de Informação
Presença de infraestruturas	Fotografias aéreas
Estado do canal	Planos de Gestão Região Hidrográfica
Alteração do traçado/perfil	Fotografias aéreas
Inundações	Planos de Gestão Região Hidrográfica (registos históricos)
Uso do solo	Corine Land Cover; Fotografias aéreas
Áreas de potencial erosão	Planos de Gestão Região Hidrográfica
Geologia; Área; Altitude média	Planos de Gestão Região Hidrográfica
Regime de escoamento e sedimentos;	Planos de Gestão Região Hidrográfica
Vegetação (tipo e densidade);	Planos de Gestão Região Hidrográfica/Fotografias aéreas
Clima	Planos de Gestão Região Hidrográfica

A realização da visita de campo terá em consideração a informação levantada e analisada à escala da bacia hidrográfica, permitindo um reconhecimento mais criterioso do terreno. Esse reconhecimento em campo contempla a observação qualitativa e a avaliação quantitativa de parâmetros físicos do

curso de água e das suas características geomorfológicas. Biedenharn *et al.*, 1997 propõem um conjunto de equipamentos necessários para o desenvolvimento do reconhecimento em campo que seja capaz de ser utilizado em diferentes tipologias de rios. Esse conjunto de equipamentos tem como objetivo dar suporte à avaliação quantitativa dos diferentes parâmetros de análise. No entanto, devido ao elevado número de equipamentos necessários e presença, no mínimo, de dois técnicos para o desenvolvimento do trabalho de campo, torna este método difícil de aplicar de uma forma expedita. A observação qualitativa tem como objetivo identificar o estado do canal e das margens (ex: canalizado, erodido, assoreado) e, potenciais causas que justifiquem esse estado. A distribuição espacial da vegetação, fontes de sedimentação do canal, presença de infraestruturas, bem como o valor estimado da rugosidade do canal são dados fundamentais para a avaliação da estabilidade das margens e estado de conservação do canal. Como regra geral, as observações/medições devem ser realizadas numa extensão entre 15 a 20 vezes a largura do canal principal e, em qualquer altura do ano. Apresentam-se no Quadro 12 os parâmetros alvo de análise.

Quadro 12 – Visita de Campo (adaptado de Biedenharn *et al.*, 1997)

VISITA DE CAMPO (Parâmetros de análise)	
Observações qualitativas	Avaliações quantitativas
Estado do canal	Extensão / Tipo / Forma / Inclinação / Largura / Profundidade
Pontos de sedimentação	Extensão / Tipo
Marcas do nível de água	Altura
Presença de infraestruturas	Quantidade / Extensão
Presença de vegetação	Tipo / Largura / Extensão longitudinal
Morfologia das margens	Altura / Ângulo / Material (estratigrafia) / Indicadores de potenciais instabilidades / Rugosidade aproximada

A avaliação da estabilidade das margens é realizada através de uma análise integrada entre os dados históricos levantados à escala da bacia hidrográfica e a interpretação das observações qualitativas recolhidas na visita de campo. Este método pretende evidenciar a importância de avaliar os problemas de erosões das margens de uma forma global (em diferentes escalas espaciais), onde podem ocorrer uma série de problemas que podem estar ou não relacionados e que necessitam de uma solução integrada.

3.2.7. Método BANCS

Rosgen (2001) desenvolveu, testou e aplicou nos Estados Unidos da América (EUA) um método para avaliação do estado e potencial de erosão das margens, designado por BANCS (*Bank Assessment for Non-Point Source Consequences of Sediment*). Esse método utiliza dois índices empíricos que permitem, através da observação das características da margem a estudar (BEHI - *Bank Erosion Hazard Index*) e das condições de escoamento (NBS - *Near Bank Shear Stress*), criar categorias de risco à erosão. A determinação da categoria de risco de BEHI começa com a recolha de dados *in situ* sobre as características das margens do rio. Os dados recolhidos são:

- Altura do talude da margem;
- Profundidade do leito dominante;
- Profundidade de penetração das raízes;
- Densidade de raízes;
- Ângulo do talude;
- Proteção da superfície.

Após a recolha dos dados relativos às características das margens, podem-se calcular os diversos parâmetros que permitirão atribuir a categoria de risco à margem. Os parâmetros a determinar são:

- Relação altura da margem/profundidade do leito dominante;
- Relação densidade de raízes/altura da margem;
- Densidade ponderada de raízes (%);
- Ângulo do talude;
- Proteção da superfície (%).

A determinação do valor destes parâmetros é simples e direta, à excepção da determinação da densidade ponderada de raízes, parâmetro que é calculado, multiplicando a relação entre a densidade de raízes e a altura da margem pela densidade de raízes que protege a margem.

Consoante o valor de cada parâmetro será atribuído um valor numérico (índice) entre 1 e 10, correspondendo este último valor ao maior nível de risco de erosão. O sistema de classificação está dividido em 6 categorias: Muito Baixo, Baixo, Moderado, Elevado, Muito Elevado e Extremo. O valor numérico e a categoria de risco serão determinados através do Quadro 13.

Quadro 13 – Método BANCs: Tabela com os valores numéricos para a atribuição da categoria de risco BEHI (adaptado de Rosgen, 2001)

Categoria de risco		Altura Margem/ Profundidade leito dominante	Densidade Raízes/ Altura margem	Densidade ponderada de raízes	Ângulo talude (Graus)	Proteção da superfície (%)
Muito Baixo	Valor	1.0 – 1.1	1.0 – 0.9	100 – 80	0 – 20	100 - 80
	Índice	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9
Baixo	Valor	1.11 – 1.19	0.89 – 0.5	79 – 55	21 – 60	79 - 55
	Índice	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9
Moderado	Valor	1.2 – 1.5	0.49 – 0.3	54 – 30	61 – 80	54 - 30
	Índice	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9
Elevado	Valor	1.6 – 2.0	0.29 – 0.15	29 – 15	81 – 90	29 - 15
	Índice	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9
Muito Elevado	Valor	2.1 – 2.8	0.14 – 0.05	14 – 5.0	91 – 119	14 - 10
	Índice	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0
Extremo	Valor	>2.8	<0.05	<5	>119	<10
	Índice	10	10	10	10	10

O tipo de material que compõe o talude e a presença ou não de camadas na estrutura desse material também são tidas em conta na atribuição da categoria de risco. Estes parâmetros são contabilizados sob a forma de correções, podendo acrescentar ou retirar pontos ao somatório total (Rosgen, 2001,

2006). As correções estabelecidas ao tipo de material da margem são as seguintes (Rosgen, 2001 *in* Magalhães, 2010):

- Rocha ou calhau rolado - atribuir a categoria “Baixo”;
- Seixo pequeno - subtrair 10 pontos; caso a percentagem de areia e/ou gravilha não ultrapasse 50% do total não efetuar alteração;
- Gravilha - somar 5 ou 10 pontos dependendo da percentagem de areia;
- Areia - somar 10 pontos;
- Silte ou argila - não realizar qualquer ajustamento.

As correções relativas à presença de estratificação no material das margens são as seguintes (Rosgen, 2001 *in* Magalhães, 2010):

- Sem estratificação - não realizar qualquer correção;
- Sem estratificação, mas com infiltração de água presente nas margens - somar 3 pontos;
- Com estratificação acima do nível do leito dominante - somar 4 pontos;
- Com estratificação acima do nível do leito dominante e com infiltração de água presente nas margens ou com estratificação abaixo do nível do leito dominante - somar 7 pontos;
- Com estratificação abaixo do nível do leito dominante e com infiltração presente nas margens - somar 10 pontos.

O somatório dos valores numéricos de todos os parâmetros permite atribuir a categoria de risco BEHI ao trecho analisado (Quadro 14).

Quadro 14 – Método BANCS: Categorias de risco do BEHI (adaptado de Rosgen, 2001).

TOTAL	10 – 19.9	20 – 29.9	30 – 45	45.1 - 50
Categorias BEHI	Baixo	Moderado	Elevado / Muito Elevado	Extremo

A determinação da categoria de risco de NBS usa a relação entre os valores da tensão média de arrastamento e do gradiente de velocidades junto às margens.

Para a determinação da relação entre as tensões é necessário calcular a tensão média de arrastamento junto à margem e a tensão média de arrastamento no leito. Para a caracterização do gradiente de velocidades é necessária a medição de vários perfis verticais de velocidade, com medições a várias profundidades e ao longo de toda a largura da secção transversal do canal de escoamento a caracterizar. O gradiente de velocidades é determinado fazendo a diferença entre a velocidade registada junto à margem e a máxima velocidade registada na secção transversal e fazendo o quociente desse valor pela distância horizontal entre esses dois pontos.

Conforme os valores da relação entre as tensões de arrastamento e gradiente de velocidades, a categoria de risco da NBS é determinada do Quadro 15.

Quadro 15 – Método BANCS: Tabela com os valores para a atribuição da categoria de risco de NBS (adaptado de Rosgen, 2001)

Categorias NBS	Relação tensões de arrastamento	Gradiente velocidades
Muito Baixo	<0.8	<0.5
Baixo	0.8 – 1.05	0.5 – 1.0
Moderado	1.06 – 1.14	1.1 – 1.6
Elevado	1.15 – 1.19	1.61 – 2.0
Muito Elevado	1.20 – 1.60	2.1 – 2.4
Extremo	>1.60	>2.4

Este método tem sido aplicado em muitos rios dos EUA com diferentes tipos de condições de base (regiões climáticas e geológicas distintas) para determinação das categorias de risco à erosão e da taxa de erosão correspondente (Harmel, 1997; Harmel *et al.*, 1999; Sass & Keane, 2012). A simplicidade do método e os poucos parâmetros que obriga a determinar, são uma vantagem. No entanto, podem ser identificadas limitações da aplicação deste método, nomeadamente: (i) na determinação da categoria de risco BEHI, a ausência de proteção/revestimento vegetal da margem, ainda que temporária (devido a um pico de cheia) influencia imediatamente na atribuição da categoria de risco. Isto deve-se a uma avaliação da margem pontual que não tem em consideração uma análise integrada do estado e comportamento de diferentes fatores de análise ao longo do tempo; (ii) na determinação da categoria de risco NBS é frequente a dificuldade de caracterização dos fenómenos erosivos, quer pela relação de tensões quer pelo gradiente de velocidade, o que se traduz numa falha na atribuição da categoria de risco aos efeitos responsáveis pela erosão das margens.

A informação para determinação das categorias de risco BEHI e NBS encontra-se no Anexo 1.3.

3.3. Desenvolvimentos recentes nas metodologias para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais

A estabilização de margens fluviais é uma importante componente da reabilitação de rios, na medida em que desempenha uma multiplicidade de funções ao nível dos usos comuns e tem uma importância estratégica, tanto a nível ambiental como a nível social e económico (Casagli *et al.*, 1999; Fox & Wilson, 2010; Niezgoda & Johnson, 2012). Sendo a erosão fluvial um dos principais problemas de instabilidade das margens, muitas vezes também responsável por outros problemas (ex: qualidade da água; ausência de vegetação das margens), a intervenção em margens é uma das ações de reabilitação mais comum nos cursos de água (Petrone & Preti, 2010; Teiga, 2011; Cramer, 2012).

Têm vindo a ser desenvolvidos enormes esforços para o controlo da erosão em margens, nomeadamente através da aplicação de soluções técnicas de estabilização; contudo, as soluções técnicas de engenharia tradicional, não têm apresentado os melhores resultados em resposta aos principais problemas levantados. Tal, deve-se à fraca resiliência das estruturas utilizadas, perante as condições de aumento de área impermeabilizada, o que frequentemente provoca mais problemas

adicionais e situações de roturas nos locais intervencionados, bem como nas zonas a montante e jusante desses locais (Li & Eddleman, 2002; Radspinner *et al.*, 2010; Endreny & Soulman, 2011).

Neste subcapítulo será apresentado um resumo dos contributos dados por vários autores (Biedenharn *et al.*, 1997; Simon & Steimann, 2000; Li & Eddleman, 2002; Cramer, 2002; Teiga, 2011; Niezgoda & Johnson, 2012), para a seleção de soluções técnicas de intervenção em margens, nomeadamente de soluções técnicas de engenharia natural. Como nota inicial, deve referir-se que todas as abordagens apresentadas indicam a identificação de problemas, segundo uma visão holística, como o ponto-chave para a definição das melhores soluções técnicas.

Biedenharn *et al.*, (1997) apresentaram uma matriz para determinação da solução técnica de intervenção, que garanta maior resistência e estabilidade à margem contra os processos erosivos e mecanismos de rotura identificados na fase de caracterização. Posteriormente, são integrados no processo de seleção, os fatores ambientais e económicos associados a cada uma das soluções técnicas identificadas como adequadas para intervenção. O procedimento é flexível, adaptável e iterativo. O preenchimento da matriz proposta é o passo fundamental desse procedimento (ver Anexo 2.1). A matriz incorpora três tipos de critérios: de eficácia (estabilidade); de adequação ambiental; e, económico. Um ponto de partida para a aplicação da matriz é eliminar as soluções inviáveis, ou seja, estabelecer uma seleção objetiva em função dos fatores básicos de um projeto, nomeadamente, a durabilidade da estrutura à erosão e ao clima, a flexibilidade da estrutura, a profundidade da água na margem, limitações de espaço para a implementação da solução técnica, impacto das cheias, custos de materiais, equipamentos e mão-de-obra necessária para a sua execução.

A classificação atribuída a cada solução técnica por critério de avaliação toma a forma qualitativa e quantitativa. A avaliação qualitativa consiste em atribuir a classificação “+” para uma avaliação favorável, um “-” para uma avaliação desfavorável, “0” para uma situação de não interferência e um “?” para uma avaliação impossível de atribuir sem diferente análise (ex.: realização de ensaios técnicos). Assim é possível, desde logo, identificar pontos fracos e decidir excluir essas soluções para o problema diagnosticado. As restantes soluções técnicas são analisadas quantitativamente, através de cinco níveis: de “1” para “menos favorável” até “5” como “muito favorável”. Segundo Biedenharn *et al.*, (1997) pode ser importante reforçar o detalhe de avaliação de algum fator mais relevante, recorrendo à criação de uma sub-matriz de análise, como é comum ser feito para a adequabilidade ambiental. Como passo final, é feita uma ponderação dos custos unitários para as soluções mais pontuadas, sendo este o último critério a ter em conta na fase de seleção. A matriz proposta foi desenvolvida e testada com base nos estudos desenvolvidos no vale do baixo Mississippi, EUA (Biedenharn *et al.*, 1997).

Simon & Steimann (2000) apontam cinco desafios para o controlo da erosão e seleção de técnicas de intervenção em margens: (i) falta de base de dados suficientes para auxílio no desenvolvimento do projeto; (ii) a vulnerabilidade a curto prazo das estruturas instaladas; (iii) a inadequação das soluções técnicas anteriormente aplicadas; (iv) o acesso dificultado e área de terreno limitada para a execução

da intervenção; e, (v) a necessidade de uma maior participação da comunidade civil em intervenções fluviais.

O primeiro passo para o planeamento e implementação de uma solução técnica de estabilização de margens é o desenvolvimento do projeto de intervenção. O conhecimento profundo da área em estudo é fundamental, pelo que é necessária a recolha de informações a diversos níveis, nomeadamente, a nível hidráulico (nível de água; tensões de arrastamento e velocidades de escoamento), a nível hidrogeomorfológico (caracterização da morfologia do canal, substrato das margens e leito; presença de infraestruturas, etc.) e a nível ecológico (tipo e estado da vegetação ribeirinha). Essas informações são vitais para a conceção de um projeto de estabilização de margens.

A vulnerabilidade a curto prazo das soluções técnicas de intervenção em margens, nomeadamente, as de engenharia natural, está dependente de duas ações particulares: a suscetibilidade da área em estudo a inundações e a possibilidade de a vegetação aplicada não apresentar os resultados expectáveis. A ocorrência de escoamentos elevados vai originar erosão contínua, e por conseguinte, perda de solo, o que reduz a taxa de sucesso de uma solução de engenharia natural, limitando o estabelecimento da vegetação com a profundidade das raízes diminuída. Tal situação tem conduzido à aplicação de estruturas rígidas, que garantem a eficácia ao nível estrutural, desde a sua aplicação inicial. Porém, geralmente, essas soluções técnicas produzem impactos negativos sobre o estado ecológico do rio, sendo frequentemente inadequadas, tendo em conta os objetivos estabelecidos pela DQA.

Outro desafio importante tem a ver com a limitação de acesso às zonas de intervenção para a execução das soluções técnicas. O processo de seleção deve ter em atenção este ponto de modo a garantir a exequibilidade da implementação da solução, no local de intervenção (Simon & Steimann, 2000). O último desafio apontado corresponde à participação ativa da comunidade civil na fase da concepção e implementação do projeto. Tal deve ser considerado como uma oportunidade para aumentar a consciencialização e envolvimento da população como parte ativa na tomada de decisão da intervenção a realizar. Dessa forma, pode resultar um conjunto de atividades que permitem aumentar a eficácia das intervenções propostas a médio e longo prazo.

Como já antes referido, tradicionalmente, têm sido aplicadas estruturas rígidas para a restauração e estabilização das margens, sem qualquer consideração dos processos geomorfológicos que estão a causar a erosão (Simon & Steimann, 2000; Cramer, 2002; Li & Eddleman, 2002; Petrone & Preti, 2010; Radspinner *et al.*, 2010; Endreny & Soulman, 2011). A falta de atenção para os aspetos ambientais, nomeadamente, na melhoria, diversidade e preservação de *habitats*, tornou premente a criação de alternativas a esta situação. Li & Eddleman (2002) apresentam um trabalho onde se mostra que as soluções de engenharia natural podem ser aplicadas como alternativa aos métodos tradicionais.

A abordagem utilizada por Li & Eddleman (2002) integra uma matriz que relaciona o custo de implementação da solução técnica com a capacidade de resistência aos processos erosivos que é adicionada à margem para um determinado intervalo de custo. Três níveis de custo e de resistência categorizados como baixo, médio e alto distinguem as diferentes soluções técnicas. A informação

resultante dessa análise proveio da consulta de outros trabalhos (Gray & Sotir, 1996; Allen & Leech, 1997; Schiechl & Stern, 1997; e, Gerstgraser, 1999). O estudo desenvolvido analisou e comparou doze soluções técnicas de engenharia natural (Li & Eddleman, 2002).

A metodologia apresentada por Cramer (2002) utiliza um conjunto de três matrizes de avaliação para a seleção da solução técnica de estabilização de margens mais adequada para implementação, designadamente: a designada matriz n.º 1, baseada na avaliação das condições *in situ*; a matriz n.º 2, baseada na avaliação das condições de maior alcance espacial, à escala do troço de linha de água e bacia hidrográfica; e, por fim, a matriz n.º 3, que objetiva a avaliação do potencial impacto nos *habitats* a longo prazo.

As matrizes funcionam como uma triagem onde progressivamente vão sendo excluídas as soluções técnicas inadequadas, sendo a aplicação descrita da seguinte forma: A matriz n.º 1 (Triagem inicial com base na avaliação das condições *in situ*⁵) identifica as soluções que devem ser consideradas na resolução dos diferentes mecanismos de rotura que ocorrem no local de análise. Para cada mecanismo de rotura são apresentadas diferentes causas que levam à sua ocorrência, sendo atribuída uma classificação a cada solução técnica em função do desempenho que tem na correção do referido mecanismo de rotura.

A matriz n.º 2 (Triagem inicial com base na avaliação das condições de maior alcance espacial⁶) destina-se a identificar as soluções técnicas de estabilização de margens (resultantes da matriz 1) que devem ser consideradas adequadas na resolução/mitigação dos problemas detetados à escala do troço e bacia hidrográfica. Existem duas categorias básicas que causam erosão nas margens: canais em equilíbrio (estável) e canais em desequilíbrio (instável). Para cada uma dessas categorias, existe uma variedade de processos que podem ocorrer (por exemplo, meandrização natural de um canal ou a ocorrência de assoreamentos), Cramer (2002).

A matriz n.º 3 (Triagem com base no potencial impacto nos *habitats* a longo prazo) identifica os potenciais impactos nos *habitats* a longo prazo que as soluções técnicas. O objetivo é combinar ou integrar duas ou mais soluções técnicas identificadas como adequadas em resultado da aplicação das matrizes 1 e 2, a fim de atingir os objetivos de estabilização propostos, evitando ou minimizando os impactos sobre o *habitat*. A análise é realizada com vista a uma sequência de atividades seletivas, em que: (i) em primeiro lugar, selecionar as soluções técnicas que evitam impactos; (ii) em segundo lugar, selecionar as soluções técnicas que minimizam os impactos inevitáveis; e, (iii) em terceiro lugar, indicar uma solução técnica que compense os impactos gerados por outras soluções técnicas selecionadas (Cramer, 2002). A metodologia desenvolvida e apresentada por Cramer (2002) será abordada novamente no capítulo 4.4 (2ª Etapa – Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens), uma vez que serviu de base para a elaboração da metodologia proposta para seleção de técnicas de intervenção em margens.

⁵ Ver capítulo 2.4.2.3

⁶ Ver capítulo 2.4.2.3

Teiga (2011), apresentou uma metodologia de seleção de soluções técnicas de engenharia natural constituída por sete etapas:

1. Revisão Bibliográfica;
2. Objetivos da intervenção e da DQA;
3. Estudo do perfil de velocidades do caudal médio anual e em condições de cheia;
4. Espaço disponível e perfil das margens;
5. Custos;
6. Condicionantes e limites de segurança da aplicação das técnicas;
7. Hierarquização e seleção – Elaboração de esquemas-tipo – avaliação.

Para cada etapa são indicados critérios, devidamente adaptados e aferidos com as características e condições básicas do projeto de intervenção, nomeadamente os objetivos e as características físicas e biológicas do local. Teiga (2011) aponta um conjunto de recomendações a seguir na sua seleção:

- Princípio da cautela – atuar faseadamente, analisando o comportamento do rio em cada ação realizada;
- Selecionar o momento de intervenção – analisar a tendência e dinâmica fluvial, bem como o momento ótimo de aplicação da vegetação;
- Flexibilidade e adaptação – Ajustar as características de cada solução às condicionantes de cada local de intervenção, promovendo a aplicação simultânea de mais do que uma solução técnica;
- Atuações auto-sustentáveis – as soluções selecionadas devem ter a capacidade de se manter em equilíbrio;
- Acompanhamento e avaliação – Estabelecer uma avaliação do sucesso da intervenção, tanto a curto-prazo (objetivos cumpridos) como a longo-prazo (resposta do sistema fluvial).

Para cada critério é efetuada uma hierarquização das soluções técnicas a selecionar, atribuindo um valor quantitativo, numa escala de I a III, sendo: I – mais adequada; II – Aceitável; III – Inadequada) (Anexo 2.2).

Para Niezgoda & Johnson (2012) a seleção de técnicas de intervenção em margens deve ter em consideração os potenciais benefícios ambientais, sociais e económicos decorrentes da sua aplicação. Para tal apresenta uma análise de risco-benefício como uma ferramenta para a fase de seleção.

A análise de risco-benefício envolve (i) uma análise qualitativa dos mecanismos de rutura a ocorrer nas margens e dos seus efeitos e (ii) uma análise quantitativa em termos de custos de implementação. O resultado inicial do método é a criação números de prioridade de riscos (RPN's) e números de prioridade de benefícios (BPN's). A análise qualitativa de benefícios é representada pelo retorno do investimento efetuado, não se limitando ao objetivo de controlo da erosão, mas incluindo a perda de propriedade, os custos de manutenção, as oportunidades de lazer e recreação e a melhoria de *habitats*. Além de identificar os potenciais benefícios da implementação de uma determinada solução, também identifica as possíveis causas de benefícios e a probabilidade de que

estes venham a ocorrer. Os resultados da análise qualitativa são utilizados para estimar o risco e benefício em termos de custos. Esses valores quantitativos são comparados para várias alternativas de estabilização para fornecer uma justificação e orientação sobre como selecionar a opção mais eficaz.

Por fim a relação custo-benefício é definida como a razão entre o benefício total inicial e os custos iniciais para implementação da solução. Se esta relação for maior que um, então os benefícios superam os custos iniciais. Isso indica que há potencial para adicionar benefícios significativos ao sistema fluvial por forma a cumprir os objetivos propostos para um custo inicial reduzido. Adicionalmente, são, também, apresentadas (por Niezgoda & Johnson, 2012) técnicas que podem ser usadas para detetar os benefícios após a aplicação da solução, como por exemplo a técnica “*LiDAR*”⁷ com a recolha de informação geográfica, capaz de atingir uma precisão muito elevada.

3.4. Desenvolvimentos na monitorização de intervenções em margens fluviais

No subcapítulo 3.2. foram devidamente analisadas diversas metodologias de identificação e avaliação das condições hidrogeomorfológicas de um rio, testadas e aplicadas em diversos pontos do mundo. Decorrentes dessa análise, no subcapítulo 3.3., apresentaram-se os principais contributos para a seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais.

Neste subcapítulo, será feita uma apresentação das principais diretrizes para a monitorização fluvial, referindo a sua importância e principais objetivos.

Para tal, à semelhança do processo de revisão levado a cabo nos pontos 3.2. e 3.3., será efetuada uma revisão das linhas orientadoras e recomendações mais relevantes ao nível da monitorização fluvial, destacando alguns exemplos a nível mundial (Biedenharn *et al.*, 1997; Rutherford *et al.*, 2000; Scholz & Booth, 2000; Simon & Steimann, 2000; FISRWG, 1998; Preti & Milanese, 2006; Evette *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2009; Rinaldi *et al.*, 2010; Endreny & Soulman, 2011; Hammond *et al.*, 2011; COM 670, 2012; Cramer, 2012; Kellogg *et al.*, 2012; APA, 2015).

A monitorização é uma etapa fundamental para a gestão dos recursos hídricos, nomeadamente nos sistemas ribeirinhos, uma vez que fornece os meios para avaliação da eficácia de decisões de gestão tomadas no passado, fornecendo ainda a informação necessária para fundamentar decisões no futuro (APA, 2016).

Embora não haja uma definição única que seja aceite universalmente é possível dizer que a monitorização consiste na recolha, análise e validação sistemática de dados físicos, químicos e biológicos relevantes, através de estimativas visuais e medições realizadas por técnicos habilitados,

⁷ LiDAR (*Light Detection and Ranging*). É uma tecnologia amplamente utilizada no mapeamento de objetos elevados, como árvores e edifícios, sendo, atualmente, uma técnica incontornável na recolha de informação geográfica, capaz de atingir precisões muito elevadas, consoante os objetivos do estudo.

potenciando, assim, a criação e utilização de sistemas de bases de dados da própria monitorização, bem como informação complementar útil ao nível da gestão e planeamento dos recursos hídricos. A monitorização pode, ainda, ser definida como um esquema de avaliação que envolve simultaneamente uma dimensão espacial e temporal, sendo uma extensão natural dum procedimento de avaliação expedita (Almeida *et al.*, 2009).

Segundo alguns autores (DQA, 2000; INAG, 2005; Almeida *et al.*, 2009; Rinaldi *et al.*, 2010; APA, 2015) a monitorização pode ser definida e dividida em três tipos:

- i. **Monitorização de vigilância:** descreve medições simples ou observações periódicas dum processo ou objeto, estabelecendo uma evolução do seu estado;
- ii. **Monitorização operacional:** este tipo de monitorização pressupõe uma base de referência, de modo a avaliar os resultados através de uma comparação com um nível pré-definido. Analisa a eficácia das medidas implementadas;
- iii. **Monitorização de Investigação:** procura investigar e identificar a fonte de problemas detetados, para os quais não se identificou a razão.

Por outro lado, Rinaldi *et al.*, (2010) estabelecem uma relação entre os meios instrumentais ou não instrumentais necessários à implementação da monitorização, de acordo com os três tipos distintos indicados anteriormente (Quadro 16).

Quadro 16 – Resumo dos diferentes tipos de monitorização e os meios necessários para a sua implementação (INAG, 2005; Almeida *et al.*, 2009; Rinaldi *et al.*, 2010; APA, 2015).

Tipos de Monitorização	Meios
Vigilância	Não instrumentais
Operacional	Instrumentais
Investigação	

Os meios não instrumentais correspondem à recolha de dados em campo de uma forma expedita. É um procedimento relativamente rápido que, no entanto, não permite uma análise aprofundada das possíveis causas de alteração e/ou adaptação da tendência morfológica (Rinaldi *et al.*, 2010). Os meios instrumentais correspondem à utilização de dados de deteção remota (por exemplo a técnica *LiDAR*), para análise das alterações morfológicas de uma forma mais sistemática. Esse tipo de observação é mais rigoroso e preciso e, consequentemente mais dispendioso. Contudo em termos de monitorização fluvial, poderá ser necessário, caso se pretenda uma análise com maior profundidade das causas e das tendências de adaptação das condições morfológicas de um rio.

Biedenharn *et al.*, (1997), Rutherford *et al.*, (2000), FISRWG, (2001), e Cramer, (2012) defendem que a monitorização não deve ser uma atividade complexa e difícil de executar. Para tal, de acordo com os objetivos da intervenção, devem ser considerados diferentes tipos de monitorização (Quadro 17) e, consequentemente, diferentes níveis de esforço e tempos de monitorização.

Quadro 17 – Tipos de monitorização (adaptado de Cramer, 2012)

Tipos de Monitorização
Monitorização de Base Caracterização das condições existentes. O objetivo da monitorização de base é identificar a variabilidade temporal de indicadores de referência antes do início do projeto. Este tipo de monitorização estabelece a referência contra a qual o sucesso do projeto pode ser medido.
Monitorização da Execução Avaliar se as atividades do projeto foram realizadas como planeado, ou seja, verificação da conformidade entre o projeto e a intervenção (por exemplo, verificar se o tipo de material utilizado na intervenção é o mencionado no projeto).
Monitorização da Eficácia A monitorização da eficácia é usada para avaliar se o projeto teve o efeito desejado sobre os indicadores de base (por exemplo, condições de estabilidade das margens).
Monitorização de Validação É usada para estabelecer uma relação de causa/efeito entre o projeto e os indicadores de reabilitação (por exemplo, indicador ecológico: a vegetação aplicada promoveu a heterogeneidade de <i>habitats</i> , beneficiando o ecossistema ribeirinho).

A classificação de um programa de monitorização por níveis de esforço deve ser definida em função da dimensão, dos riscos e do tipo de objetivos e metas da intervenção realizada. Nesse sentido, (Biedenharn *et al.*, 1997; Rutherford *et al.*, 2000; FISRWG, 1998; Cramer, 2012) apresentam cinco níveis de esforço (1 a 5), os quais se descrevem no Quadro 18.

Quadro 18 – Níveis de esforço de monitorização (adaptado de Biedenharn *et al.*, 1997; Rutherford *et al.*, 2000; FISRWG, 2001; Cramer, 2012))

Níveis de esforço de Monitorização
Nível 1 O nível 1 de monitorização consiste no reconhecimento e observação visual do local e no desenvolvimento de um relatório escrito, detalhando as condições encontradas aquando da visita. Este relatório escrito pode incluir também uma comparação entre as condições atuais existentes e descritas durante visitas anteriores ou através de dados complementares, a partir de fotografias aéreas. A informação deverá ser referenciada de acordo com a análise da documentação de base existente.
Nível 2 O nível 2 de monitorização consiste na realização de todas as atividades referidas no nível 1, acrescido de um registo permanente de fotografia e/ou vídeo da área de intervenção.
Nível 3 O nível 3 de monitorização consiste na realização de todas as atividades referidas no nível 2, acrescida de medições físicas do local em estudo (componentes: geotécnicas, hidráulicas e ecológicas). As medições a realizar, resumem-se à delimitação e localização de áreas onde se detetam problemas.
Nível 4 O nível 4 de monitorização consiste na realização de todas as atividades referidas no nível 3, acrescida de uma avaliação da área alvo de intervenção por soluções técnicas de estabilização. Devem ainda, ser registadas e levantadas todas as alterações verificadas na secção transversal e traçado longitudinal do local em estudo.
Nível 5 O nível 5 de monitorização consiste na realização de todas as atividades referidas no nível 4, acrescido de dados adicionais sobre a causa que está na origem dos problemas detetados.

Tendo por base os diferentes tipos de monitorização, torna-se fundamental saber (Rutherford *et al.*, 2000; Almeida *et al.*, 2009; Hammond *et al.*, 2011):

- Porquê monitorizar?
- O que monitorizar?
- Como monitorizar?
- Quando monitorizar?
- Quanto tempo se vai monitorizar?
- Como comunicar os dados da monitorização?

Quando se trata da monitorização de uma intervenção em margens fluviais é de vital importância que os objetivos propostos para a intervenção sejam claros e, tanto quanto possível mensuráveis. Assim, será possível monitorizar as ações realizadas e as mudanças ocorridas em resultado do trabalho efetuado. No mínimo, a monitorização deve indicar se os objetivos propostos foram alcançados, sendo para tal necessário analisar tudo o que está relacionado com os mesmos. No entanto, uma monitorização deverá ir mais longe do que isso, identificando a razão do sucesso ou insucesso da intervenção.

De acordo com Biedenharn *et al.*, (1997) e Hammond *et al.*, (2011) os principais parâmetros de monitorização fluvial a avaliar podem ser divididos por diferentes componentes, nomeadamente, geomorfológicas, geotécnicas, hidráulicas e ecológicas (Quadro 19).

Quadro 19 – Principais parâmetros de monitorização fluvial a avaliar, para diferentes componentes (Biedenharn *et al.*, 1997; Hammond *et al.*, 2011)

Componente	Parâmetro de Monitorização	Atributo mensurável	Técnica de Avaliação
Geomorfológica	Estabilização da margem	Traçado do curso de água	Fotografia aérea
		Forma da secção transversal	Levantamento de dados de campo
		Mecanismo causador de instabilidade	
		Mecanismo de rotura da margem	
	Impactos a montante ou jusante	Forma da secção transversal	Levantamento de dados de campo
		Alterações do perfil longitudinal	
Geotécnica	Estabilização da margem	Tipos de solo (leito e margens)	Levantamento de dados de campo e análise granulométrica
		Composição e disposição do solo	
Hidráulica	Padrão-tipo de escoamento	Tipo de escoamentos	Levantamento de dados de campo
		Estudo regime de caudais	
		Altura crítica	
	Zona de erosão ativa	Velocidade de escoamento	Modelação Hidráulica
		Tensões de arrastamento	
Ecológica	Estabelecimento da vegetação	Tipo de vegetação	Levantamento de dados de campo
		Comprimento / Diâmetro	
		Taxa de sobrevivência por	

Componente	Parâmetro de Monitorização	Atributo mensurável	Técnica de Avaliação
		espécie	
		Uniformidade no coberto arbóreo	
	Biodiversidade	Presença de <i>habitats</i>	

Com a avaliação desses parâmetros é possível adquirir experiência e reforçar o conhecimento sobre o desempenho das intervenções realizadas sob determinadas condições de base. A monitorização é a ferramenta que permite responder às deficiências e pressões identificadas em campo e ser capaz de demonstrar se determinada ação implementada foi adequada ou não para o local em questão. Relativamente à extensão geográfica da monitorização Cramer (2012) aponta, que é necessário um alcance mínimo entre 20 a 50 vezes a largura do curso de água, de modo a verificar se existem impactos a montante e/ou a jusante, tanto para o canal como ao nível do *habitat*. No entanto, é importante ter em atenção que a extensão longitudinal da monitorização é específica do local em análise e deverá ser função dos objetivos específicos da intervenção.

Atendendo que a monitorização é tão útil não se percebe, por vezes, a razão de ser tão rara. Rutherford *et al.*, (2000), Palmer *et al.*, (2005), Bernhardt *et al.*, (2007) e Cramer, (2012) apontam duas razões principais para que as intervenções realizadas não sejam avaliadas: (i) a primeira baseia-se na complexidade dos sistemas naturais e na sua morosidade de resposta às mudanças, pelo que a avaliação poderá ser difícil, lenta e dispendiosa; (ii) a segunda tem a ver com a apresentação de objetivos de intervenção pouco claros e concisos. Assim, torna-se difícil determinar o sucesso ou insucesso de uma intervenção (Palmer *et al.*, 2005; Woolsey *et al.*, 2007).

Como exemplo da necessidade de existir alguma forma de monitorização, indica-se o estudo desenvolvido por Frissell & Nawa (1992) sobre a revisão e inventário de 161 estruturas hidráulicas para passagem de peixes construídas em 15 rios no Sudoeste de Oregon, USA. Neste estudo foi avaliada a integridade física das estruturas após um evento de cheia moderada (correspondente a um período de retorno de 2 a 10 anos). Foi constatado que quase 80% das estruturas tinham sofrido alguns danos ou estavam completamente destruídas. Tal significou que apenas 20% se encontravam a funcionar de acordo com os objetivos propostos. Esse estudo forneceu informações importantes sobre a adequação de determinadas estruturas a diferentes condições de base.

Segundo Almeida *et al.*, (2009), existem várias razões para se desenvolver ações de monitorização fluvial, destacando:

- Detecção de alterações; monitorização de sinais precoces de aviso;
- Análise e caracterização evolutiva de longo prazo;
- Criação e alimentação de bases de dados;
- Avaliação da eficácia de políticas ou de legislação.

Os planos de monitorização devem ser preparados com cuidado, para evitar desperdício de tempo, recursos e esforço (Rutherford *et al.*, 2000). Como abordado anteriormente, os tempos de monitorização podem variar de acordo com o tipo de avaliação. Palmeri (2007) sistematiza num

gráfico, o tempo necessário para atingir a máxima eficácia de dois tipos de soluções técnicas de intervenção em margens ((i) técnicas de engenharia tradicional; e, (ii) técnicas de engenharia natural), referindo em particular para as soluções técnicas de engenharia natural (TEN), que a monitorização é a base essencial para a deteção da necessidade das tarefas de manutenção indispensáveis para o seu pleno funcionamento (Figura 29).

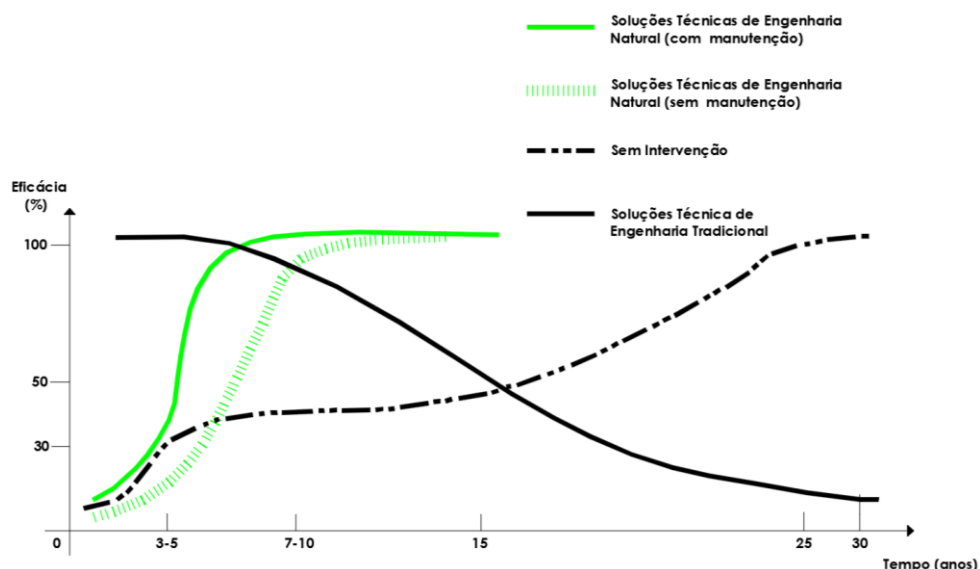


Figura 29 - Evolução conceitual da eficácia das soluções técnicas de engenharia natural (com e sem manutenção) ao longo do tempo, quando comparadas com as soluções técnicas de engenharia tradicional e situações de não intervenção (adaptado de Palmeri, 2007).

Cramer (2002) aponta a duração de 3 anos como o tempo mínimo de monitorização para a maioria dos projetos de estabilização de margens fluviais. Essa variação temporal permite expor a intervenção a uma variedade de alterações das condições ecológicas. No entanto, para garantir o sucesso da intervenção, ao nível geomorfológico e hidráulico torna-se necessário alargar o prazo (Florineth, 2007; Woolsey *et al.*, 2007; Cramer, 2012). Pela análise da Figura 29 é possível constatar que a eficácia máxima de uma solução técnica de engenharia natural para a estabilização de margens é atingida no período entre 7 a 10 anos.

Por outro lado, Woolsey *et al.*, (2007) indica 15 anos como o limite máximo para se detetarem alterações à intervenção realizada, em resultado da necessidade de avaliar quaisquer efeitos a montante ou a jusante decorrentes de eventos de cheia. O sucesso de uma intervenção pode ser alcançado mais rapidamente numa zona do que noutra. E, de igual modo, as diferentes componentes de avaliação (geomorfológica, hidráulica ou ecológica) podem necessitar de mais ou menos tempo para atingir o sucesso.

A frequência da monitorização depende da forma como as atividades decorrem e das épocas em que decorrem. Em muitos casos, um único esforço de monitorização anual é suficiente (Cramer, 2012). A frequência da monitorização pode ser pontual, de acordo com a ocorrência de eventos específicos, ou sistemática, durante certas épocas do ano.

A comunicação dos dados recolhidos e avaliados pela monitorização devem gerar uma base de dados que possa servir para aumentar o conhecimento nesta área e ajudar na tomada de decisões em novos projetos de intervenção (Cramer, 2012; Pinto *et al.*, 2016). No sub-capítulo 4.5 (3ª Etapa – Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais) será descrita uma proposta de metodologia para monitorização de intervenções realizadas em margens fluviais, cujo produto final integra a definição da estrutura de uma base de dados que disponibilize informação ao cidadão e às entidades responsáveis envolvidas na gestão ambiental e/ou fluvial, permitindo e promovendo assim, a sua utilização e utilidade para profissionais de reabilitação fluvial.

Os dados qualitativos são melhor representados e apresentados através de relatórios escritos acompanhados de fotografias. As fotografias devem ser obtidas a partir de pontos de referência, por forma a ser possível obter uma evolução cronológica. Os dados quantitativos devem ser apresentados no formato de tabelas, de modo a que os valores obtidos possam ser facilmente comparados ano após ano e ao longo da vida do projeto de intervenção. Adicionalmente, a entrada de dados no formato de tabela permite a possibilidade de serem representados graficamente. Dessa forma, cada parâmetro avaliado pode ter uma representação gráfica da evolução do seu comportamento ao longo do tempo (Florineth, 2007; Cramer, 2012; Pinto *et al.*, 2016).

3.5. Principais conclusões e linhas orientadoras

De acordo com a revisão bibliográfica e do estado do conhecimento efetuada nos pontos anteriores podem ser identificadas as principais necessidades de desenvolvimento e investigação no que toca à (1) avaliação do estado de erosão das margens fluviais, ao (2) processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens e ao (3) desenvolvimento/aplicação de programas de monitorização de intervenções em margens fluviais:

1. Avaliação do estado de erosão das margens

Em relação à avaliação do estado de erosão das margens, verifica-se que os impactos resultantes da erosão podem ser bastante significativos e relevantes a nível ambiental, económico ou mesmo social, dependendo das características do local afetado. Atendendo à experiência mundial, neste domínio, é possível identificar como boas práticas:

- a análise em diferentes escalas espaciais – bacia hidrográfica, troço fluvial e local de amostragem – aumentando a qualidade da informação obtida e minimizando/prevenindo a redundância e situações difíceis de identificar em primeira análise;
- a utilização de uma grande quantidade e diferentes tipos de variáveis adaptadas às características regionais/nacionais;
- a avaliação do estado da margem segundo uma visão holística, analisando os diferentes problemas ocorrentes, ao longo da linha de água, que podem afetar a estabilização das margens.

Para o desenvolvimento destas metodologias é habitualmente seguida a lógica de identificação do estado e potencial de erosão das margens, assentando nos seguintes pontos principais:

- o potencial de erosão da margem é resultante dos tipos de pressões atuantes, mas também da vulnerabilidade do local a essas pressões;
- a avaliação da ocorrência das pressões nas diferentes escalas espaciais deve ser efetuada com base na caracterização das diferentes variáveis representativas dos impactos no local em estudo;
- a definição da frequência e duração dessas pressões permite estabelecer o estado de erosão e potencial de risco;

Por sua vez, no que diz respeito às variáveis de caracterização, verifica-se que a maioria dos métodos analisados⁸ foram concebidos com base em necessidades locais ou nacionais, podendo não se adequar à avaliação de outras regiões. Por exemplo, no caso do método BANCS, verifica-se que as variáveis de caracterização são bastante específicas e adequadas a rios Americanos, não estando em linha com a realidade Portuguesa.

Acresce, ainda, que sabendo que a erosão é um processo natural, a avaliação desse processo resulta de uma análise sistemática que terá limitações e incertezas inerentes, dada a sua natureza específica.

2. Processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens

No que diz respeito ao processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens, as principais necessidades de desenvolvimento identificadas estão relacionadas com a análise da adequação da geomorfologia das margens com as características de cada solução técnica, atentas às condições físicas do local a intervir. Pode-se concluir que:

- É uma matéria menos explorada do que as situações de avaliação do estado de erosão das margens, cujos desenvolvimentos são, ainda, muito empíricos;
- A deficiente caracterização e determinação das causas de problemas podem resultar no tratamento dos efeitos e não das causas, comprometendo o sucesso da intervenção a médio/longo prazo; e,
- A ausência de bases de dados com informação acerca da eficiência e comportamento que determinadas soluções técnicas implementadas apresentam ao longo do tempo, resulta numa maior inércia ao desenvolvimento e progresso desta área.

3. Programas de monitorização de intervenções em margens fluviais

No que toca aos programas de monitorização de intervenções em margens fluviais, as principais necessidades identificadas passam pela sistematização de um processo de monitorização que avalie e compare a evolução temporal potencialmente expectável das soluções técnicas de intervenção aplicadas segundo condições *in situ* e com tempos de intervenção diferentes. Para tal:

⁸ Ver sub-capítulo 3.2.

- As características a avaliar devem ser mensuráveis e adequadas aos objetivos do projeto, refletindo o sucesso ou insucesso da intervenção realizada;
- A implementação e operacionalização de programas de monitorização devem mitigar a falha de informação relativa à análise e avaliação de intervenções realizadas; e,
- A integração da informação resultante da monitorização numa base de dados deve permitir uma gestão da informação de forma consistente para auxiliar na tomada de decisões em situações futuras.

Importa referir que os programas de monitorização podem e devem ser adaptados ao longo do tempo (aplicação do conceito de gestão adaptativa), para refletir as necessidades das ações de manutenção e incorporação do conhecimento adquirido ao longo do tempo.

Atentas todas as considerações anteriores, resulta evidente que o crescente interesse na avaliação de desempenho de intervenções fluviais ao longo do tempo está a provocar uma alteração no modelo conceptual que orienta o desenvolvimento do processo de intervenção em margens fluviais. Como principal limitação surge, todavia, a ausência generalizada de avaliações pós-intervenção e a compatibilização/integração das múltiplas disciplinas de investigação numa estrutura holística que disponibilize a informação relevante de forma eficiente.

4. SISTEMÁTICA DE ENQUADRAMENTO DA ESTABILIZAÇÃO DE MARGENS

Proposta de Metodologia

4.1. Introdução: objetivos de base

Do enquadramento levado a cabo no capítulo 2 foi possível concluir, que o fenómeno de erosão fluvial em margens é um processo natural, pese embora em muitos casos ser, efetivamente, acelerado por ação humana, trazendo como consequências a perda de solos férteis, a poluição da água, o assoreamento dos cursos de água e a degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Resulta, por isso, que o processo de planeamento e gestão dos recursos hídricos deverá permitir implementar medidas e instrumentos que visem a gestão, proteção e a valorização ambiental, social e económica das margens fluviais.

Da revisão do estado do conhecimento efetuada no capítulo 3 pôde concluir-se, que uma caracterização incipiente do estado das margens e na identificação e determinação das causas que estão a provocar problemas, pode resultar na seleção de soluções técnicas que não protegem a margem e/ou está na origem de problemas adicionais. Daí, a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia que integre a análise específica do processo de erosão da margem através de uma avaliação holística, em diferentes escalas espaciais, das diferentes componentes de análise num rio (*habitats* físicos; zonas ripárias; processos geomorfológicos; alteração do regime hidrológico) que afetam a estabilização das margens. Essa metodologia deve permitir integrar as múltiplas disciplinas da investigação em estudo, adaptada ao contexto Português.

Por sua vez, no que toca às ações de monitorização e, face aos correspondentes programas revistos no capítulo 3 (ponto 3.4), conclui-se que a inexistência de protocolos de avaliação e acompanhamento de campo adaptados às principais soluções técnicas de intervenção em margens aplicadas em Portugal, resulta numa total ausência de critérios e indicadores de avaliação das intervenções realizadas. Essa situação impossibilita a validação das ações tomadas e a disseminação de boas práticas na aplicação de soluções técnicas para estabilização de margens.

Assim, procurou-se levar a cabo o desenvolvimento de uma metodologia, devidamente fundada em parâmetros ajustados às características específicas de uma margem e ao local de intervenção. Desse

modo, a metodologia proposta deverá permitir obter um diagnóstico integrado do estado das margens e dar contributos essenciais para o processo de seleção de soluções técnicas de intervenção, permitindo, pela forma específica e integrada utilizada, superar as metodologias gerais previstas e adotadas em Portugal e em outros países.

Nesse contexto, a proposta de metodologia para estabilização de margens tem como objetivos: (1) caracterizar, diagnosticar e identificar o estado e potencial de erosão das margens, com a recolha de informação a diferentes escalas espaciais – bacia hidrográfica, troço e local de amostragem e (2) melhorar o processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais. Como ferramenta de atuação em campo destaca-se a capacidade de simplificar, agilizar e normalizar procedimentos, de modo a ser exequível e replicável em diferentes tipologias de linhas de água.

Apesar da metodologia proposta ser especialmente orientada para o contexto operacional da identificação e avaliação do estado de erosão da margem e consequente seleção de soluções técnicas em projetos de intervenção a realizar, considerou-se que, deveria também, integrar a aplicação de um programa de monitorização a intervenções de estabilização de margens já realizadas. Desse modo, a análise da informação recolhida, no âmbito de programa de monitorização, permitirá determinar o nível de desempenho das soluções implementadas ao longo do tempo e, assim, contribuir com informação para o desenvolvimento de futuras intervenções.

Partindo dos objetivos descritos, no ponto 4.2 será efetuada uma definição do esquema geral da metodologia apresentada, identificando os princípios de reabilitação orientadores da mesma.

No ponto 4.3 são descritas de forma detalhada, as etapas estabelecidas na identificação e avaliação do estado da margem e consequente seleção de soluções técnicas de intervenção. Indicam-se as variáveis de caracterização alvo de análise e o procedimento adotado para a recolha de dados em campo. Através dessa avaliação qualitativa é possível identificar as condições em que se encontra a margem. O processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens é desenvolvido pela aplicação de dois passos metodológicos complementares: (i) aplicação de matrizes de avaliação; e, (ii) análise da adequabilidade das especificações técnicas de cada estrutura ao local de intervenção.

No ponto 4.4 é apresentada uma definição clara e objetiva para uma base sistemática de monitorização, com diretrizes a seguir na fase pós-intervenção em margens fluviais. Apresentam-se orientações para a prossecução das diferentes etapas de avaliação e comparação do estado de conservação e evolução temporal de intervenções já realizadas, nomeadamente, das soluções técnicas implementadas.

Os resultados da aplicação da metodologia desenvolvida serão devidamente analisados e discutidos no capítulo 8.

4.2. Definição do esquema geral

A definição do esquema geral da proposta de metodologia desenvolvida baseou-se nos estudos referenciados no capítulo 3⁹, procurando incorporar a informação (*know-how*) mais abrangente e global. Nesse sentido, a proposta segue uma estratégia adaptativa, agregando um conjunto de princípios de reabilitação que orientam a conceção e a aplicação da metodologia proposta, de forma consistente, e num constante processo de aprendizagem. Os princípios de reabilitação orientadores da metodologia proposta, que seguidamente se apresentam, pretendem ser guias de atuação na melhoria da sustentabilidade dos sistemas ribeirinhos, nomeadamente, pelo facto da mesma possibilitar uma intervenção o mais próximo possível do estado natural, uma morfologia estável e aumentar o grau de liberdade do corredor fluvial para favorecer as funções ecológicas com valorização económico-social (DQA, 2000; Brierley & Fryirs, 2008; Teiga, 2011; EPA, 2016). Esses princípios consistem em:

1. Determinar as causas da degradação do curso de água, nomeadamente da erosão em margens fluviais em diferentes escalas espaciais;
2. Realizar uma caracterização geral exaustiva, por forma a antecipar mudanças futuras;
3. Apresentar objetivos claros sobre a viabilidade da análise efetuada;
4. Restaurar a integridade ecológica da área intervencionada;
5. Assegurar um enquadramento paisagístico adequado;
6. Realizar ações de monitorização para adaptação/correção, onde necessário.

A metodologia proposta segue etapas sequenciais e pretende contribuir para a melhoria do estado hidromorfológico dos sistemas fluviais, tendo por base um carácter holístico, nomeadamente, na definição estratégica ao nível da bacia hidrográfica, como forma de promover a melhoria integrada dos recursos hídricos (Pinto *et al.*, 2013 a), b). Apresenta-se na Figura 30 o esquema geral da metodologia desenvolvida, composto por três etapas. A 1^a etapa da metodologia proposta – Identificação e Avaliação do Estado da Margem – tem como principal objetivo identificar se está a ocorrer erosão na margem, realizando o diagnóstico e levantamento das principais vulnerabilidades, pressões e impactos detetados na mesma. Nesta etapa devem ser conhecidos e valorizados todos os fatores a ter em conta numa potencial intervenção a realizar, nomeadamente, os aspetos físicos, geomorfológicos, ecológicos e socio económicos. A 2^a etapa - Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens – é aplicada quando é detetada erosão na margem e é identificada a necessidade de realização de intervenção de estabilização. Para a seleção de soluções técnicas adequadas para intervenção são aplicados dois processos que vão permitir efetuar uma triagem das soluções técnicas inadequadas (com base nos dados da caracterização efetuada na 1^a etapa), nomeadamente através de: (i) matrizes de avaliação com a análise da adequabilidade das soluções técnicas na correção dos

⁹ Ver subcapítulos 3.2; 3.3 e 3.4

diferentes tipos de mecanismos de rotura presentes e, (ii) pela validação das especificações técnicas de cada solução às condições do local de intervenção.

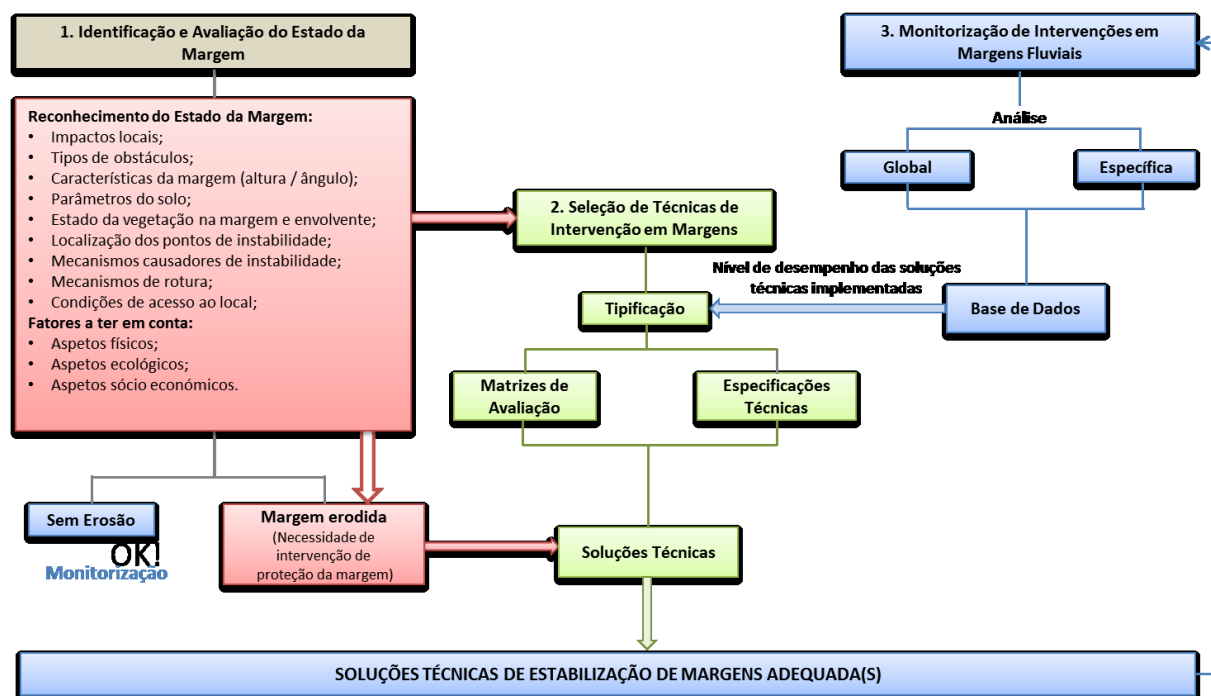


Figura 30 – Esquema geral da proposta de metodologia (1ª Etapa: Identificação e Avaliação do Estado da Margem; 2ª Etapa: Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens; e 3ª Etapa: Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais)

A 3ª etapa - Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais – descreve e propõe uma metodologia para monitorização de intervenções de estabilização de margens já realizadas, com consequente avaliação do desempenho real observado para diferentes tipos de soluções técnicas, comparando os resultados obtidos com o desempenho temporal teórico-expectável. Essa metodologia perspetiva o desenvolvimento e o esquema geral de uma base de dados que permita obter recomendações e que contribua para identificar quais as melhores condições de base (físicas, hidráulicas e ecológicas) para a utilização de uma determinada solução técnica de intervenção, através da sua avaliação ao longo do tempo. As diferentes etapas da proposta de metodologia são descritas, de forma detalhada nos pontos 4.3 (1ª Etapa), 4.4 (2ª Etapa) e 4.5 (3ª Etapa), respetivamente.

4.3. Identificação e Avaliação do Estado da Margem - 1ª Etapa

De forma semelhante aos principais métodos de avaliação hidromorfológica revistos¹⁰, a primeira etapa da proposta de metodologia consiste na identificação e avaliação do estado de erosão da margem. Esse reconhecimento é feito através de visitas de campo, por observação direta e

¹⁰ Ver subcapítulo 3.2

caracterização dos principais parâmetros (usos do solo das margens, principais impactos locais, atividades antrópicas, perfil das margens, sinais de erosão, entre outros) no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m. A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante da secção transversal em estudo), abrangendo uma faixa de 10m para cada lado da linha de água (Figura 31).

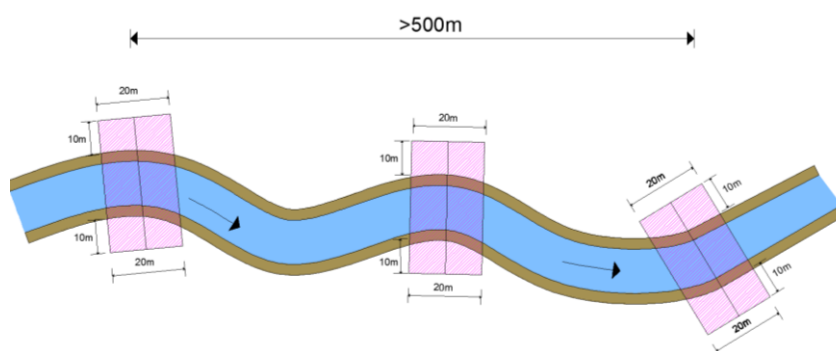


Figura 31 - Exemplo do âmbito de aplicação da metodologia de identificação e avaliação do estado da margem

No Quadro 20, encontram-se listados todos os parâmetros considerados necessários para o desenvolvimento do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção (2ª etapa). Estão agrupados por categorias e em diferentes escalas espaciais (bacia hidrográfica e troço de rio). A recolha dessa informação é feita através do preenchimento de uma ficha de dados de campo (Anexo 3.1), sendo a informação resultante, obtida através de questões de resposta simples.

Quadro 20 - Descrição geral das categorias e parâmetros considerados para a identificação e avaliação do estado da margem (ao nível da bacia hidrográfica e troço de rio).

Bacia hidrográfica	Categorias		Parâmetros
	Características Físicas		Forma; Área; Comprimento do curso de água principal; Geologia; Uso do solo; Áreas de potencial erosão
Troço de rio	Categorias		Parâmetros
	CANAL	Geometria	Perfil longitudinal; Secção transversal; Modificações no leito.
		Substrato	Tipo de material do leito; Granulometria do material do leito.
		Físicas	Tipo de escoamento; Nível de água; Impactos locais.
		Ecológicas	Tipos de vegetação; Presença de habitats.
	Categorias		Parâmetros
	MARGEM	Geometria	Secção transversal (forma); Altura/Ângulo; Modificações na margem; Distância ao aglomerado urbano.
		Substrato	Tipo de material; Granulometria; Matriz de sedimentos; Compactação.
		Físicas	Presença de infraestruturas; Uso marginal das margens; Situações de especial interesse; Velocidades de escoamento; Tensões de arrastamento.
		Ecológicas	Presença de vegetação; Tipo de vegetação; Área de ocupação da vegetação (largura e extensão longitudinal).
		Erosão	Presença de erosão; Localização de pontos de instabilidade; Mecanismos causadores de instabilidade; Mecanismos de rotura das margens; Tipo de erosão.

Para cada caso de estudo deve ser realizada uma visita ao local, após a estiagem e antes da época das cheias, durante os meses de setembro a novembro (i.e. em Portugal). Caso se tenham verificado eventos de cheias significativos, poderá ser necessário realizar mais visitas por forma a avaliar o comportamento das margens.

Como resultado da visita de campo é atribuída uma classificação qualitativa do estado em que se encontram as margens, segundo cinco estados (Figura 32): (i) **Erosão Severa**: sinais profundos de erosão e margens íngremes devido aos processos erosivos, com a danificação de estruturas físicas (ex: estradas, pontes ou muros); (ii) **Erosão Elevada**: margens compostas por material sem consolidação e visível destacamento dos sedimentos finos, com a presença de sinais de erosão preocupantes, numa extensão contínua do rio; (iii) **Erosão Moderada**: margens com áreas sem vegetação e, portanto, com pontos irregulares de erosão; (iv) **Erosão Pontual**: sinais de erosão devidos à presença de obstáculos ou outro tipo de pressão efémera - pontos isolados; e, (v) **Sem Erosão**: as margens estão num estado relativamente natural. Não é visível destacamento de sedimentos nas margens.

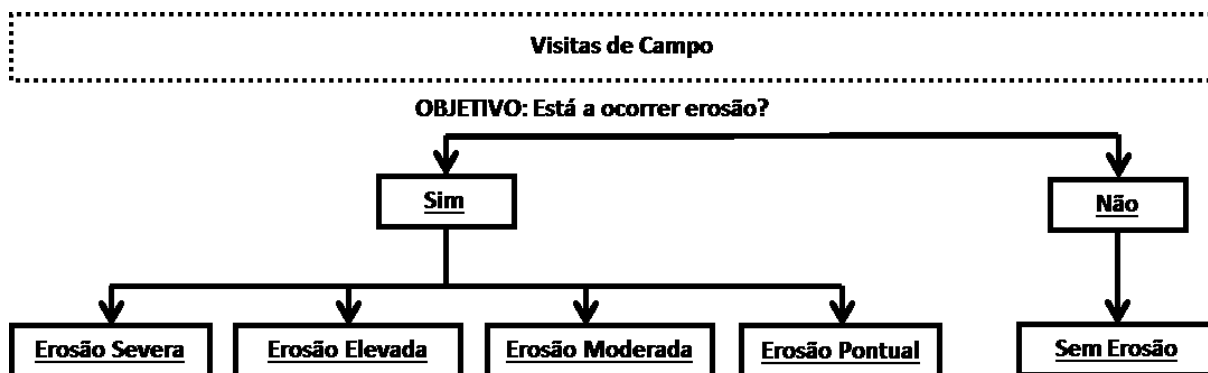


Figura 32 – Possíveis classificações qualitativas do estado das margens

O conhecimento de alguns parâmetros - como a tensão de arrastamento das margens, a velocidade média de escoamento e a variação do nível de água para os caudais de cheia correspondentes, a diferentes períodos de retorno - mostra-se substancial para definir as características e os materiais a usar na proteção e estabilização das margens fluviais, bem como para delimitar os limites espaciais da sua aplicação. Para tal e nomeadamente quando a importância e gravidade do problema o exigem (Erosão Severa ou Elevada), deverá recorrer-se à modelação hidráulica do troço de rio em estudo (p.e. através do programa HEC-RAS).

4.4. Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens - 2ª Etapa

Como resultado da existência de problemas de erosão nas margens, torna-se necessário a seleção de soluções técnicas de intervenção adequadas para a resolução dos problemas detetados. Nesse sentido, a informação resultante da primeira etapa da proposta de metodologia será um complemento valioso e essencial para o processo de seleção, com a identificação das potenciais causas dos problemas detetados, bem como para identificação das características do local de

intervenção em estudo. Nesta etapa são descritos dois processos cumulativos para a seleção de soluções técnicas, a saber: (i) aplicação de matrizes de avaliação (adaptado de Cramer, 2002) (Anexo 3.2); e, (ii) análise da adequabilidade das soluções técnicas de intervenção selecionadas como adequadas (resultantes do processo de aplicação das matrizes) às condições físicas do local de intervenção e características do escoamento.

As matrizes de avaliação apresentadas neste estudo, tiveram como base o trabalho elaborado por Cramer (2002), descrito no subcapítulo 3.3, que estabeleceu um conjunto de matrizes para o processo de seleção da(s) técnica(s) de intervenção adequada(s). No entanto, para a utilização dessas matrizes foi necessário fazer algumas modificações às matrizes propostas por Cramer (2002). Em primeiro lugar e, tendo em conta o contexto geográfico Português, foi necessário: (i) adaptar os parâmetros de análise à realidade regional/nacional (diferentes tipos de instabilidade e mecanismos de rotura das margens); (ii) incorporar as principais soluções técnicas de intervenção em margens utilizadas no referido contexto geográfico, resultando na lista global, ilustrada no Quadro 21; e, (iii) atribuir a correspondente classificação a cada solução técnica de acordo com o desempenho que apresenta na correção ou mitigação dos problemas identificados. Em segundo lugar, foi necessário alterar o processo original de aplicação das matrizes de avaliação. As matrizes de avaliação (n.º 1 e n.º 2) são utilizadas como critérios de seleção, integrando os respetivos resultados da sua aplicação. A matriz n.º 3 é utilizada, numa fase posterior, como critério complementar, nomeadamente, no que diz respeito na avaliação dos impactos no *habitat*.

Quadro 21 – Soluções técnicas de intervenção em margens fluviais

Sem Intervenção	Modelação do Terreno	Técnicas Engenharia Tradicional (TET)						Técnicas de Engenharia Natural (TEN)												Técnicas Combinadas (TC)			
		Muro de Betão Armado	Muro de Gabião	Gabião Cilíndrico	Enrocamento	Colchão Reno	Defletor	Sementeira	Hidrossementeira	Manta Orgânica	Geomalha	Geocélulas	Biorolo	Estacaria viva	Faxina viva	Entrançado vivo	Muro vivo (cribwall)	Grade viva	Esteira viva	Gabião vivo	Enrocamento vivo	Colchão reno vivo	Defletor vivo

A aplicação das matrizes de avaliação (n.º 1 e n.º 2) resulta numa triagem que exclui, de forma progressiva, soluções técnicas inadequadas. Para uma melhor compreensão do procedimento adotado (ver anexo 3.2); o Quadro 22 apresenta um resumo das etapas a seguir.

Quadro 22 - Procedimento por etapas para a aplicação das matrizes de avaliação (adaptado de Cramer, 2002)

Matrizes de Avaliação (adaptado de Cramer, 2002)
Matriz n.º 1 - Triagem inicial com base na avaliação das condições <i>in situ</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Na 1ª coluna identificar o mecanismo de rotura que está a ocorrer (validar “✓”); • Para cada mecanismo de rotura identificado (destacar com diferente cor) as soluções técnicas com a classificação de “Bom”; se não existirem, selecionar as técnicas classificadas como “Razoável”; • Repetir o mesmo procedimento para cada mecanismo de rotura identificado; • Indicar quais as soluções técnicas adequadas e não adequadas. Marcar na última linha as que melhor atendem às necessidades baseadas no local de análise com um “A” para adequadas; marcar com um “I” as consideradas inadequadas; • As soluções técnicas consideradas para a passagem à Matriz n.º 2, serão aquelas identificadas como adequadas “A” na última linha da Matriz n.º 1.
Matriz n.º 2- Triagem inicial com base na avaliação das condições de maior alcance, ao nível da bacia hidrográfica
<ul style="list-style-type: none"> • Transferir a última linha da matriz n.º 1 com a identificação das soluções técnicas adequadas “A” para a primeira linha da Matriz n.º 2. • Na 1ª coluna identificar as condições de maior alcance espacial que descrevem a área analisada (validar “✓”); • Com base na triagem realizada na Matriz n.º 1, relacionar apenas as linhas validadas com “✓”, e as colunas que identificam as soluções técnicas consideradas como adequadas “A” resultantes da Matriz n.º 1. • Identificar (com diferente cor) as soluções com a classificação de “Bom”, marcadas com “A” (se não existirem, selecionar as classificadas como “Razoável”); • Considerar apenas as soluções técnicas, cuja utilização é recomendada e que se aplicam em ambas as condições do estudo; • As soluções técnicas consideradas como adequadas, devem ser assinaladas na última linha com um “A”; aquelas que forem consideradas como inadequadas devem ser assinaladas com um “I”. • As soluções técnicas consideradas como adequadas em resultado da aplicação das Matrizes n.º 1 e 2, podem ser utilizadas num projeto de intervenção de estabilização de margens, tendo por base as condições <i>in situ</i> e de longo alcance identificadas.

O resultado obtido pelo processo de aplicação das (2) matrizes de avaliação é um conjunto de soluções técnicas potencialmente adequadas de acordo com a caracterização geomorfológica realizada. Seguidamente é necessário confrontar e validar os parâmetros físicos e admissíveis das soluções técnicas consideradas adequadas com as características do local de intervenção e as características do escoamento, em particular no que diz respeito: às condições físicas da margem (inclinação, altura e tipo de material); às condições de acessibilidade e espaço disponível para a sua aplicação; ao tipo de erosão presente na margem (isolada ou generalizada); e, aos valores admissíveis para a velocidade da corrente e tensão de arrastamento determinados pela modelação hidráulica (por exemplo, com HEC-RAS) quando a gravidade do problema assim o exige. Esses parâmetros são essenciais para garantir a viabilidade de utilização dessas soluções técnicas no local de intervenção, bem como a verificação das características físicas e hidráulicas (Biedenharn *et al.*, 1997; Simon & Steinemann, 2000; Cramer, 2002; Li & Eddleman, 2002; Li *et al.*, 2006; Florineth, 2007; Teiga, 2011; Niezgoda & Johnson, 2012).

Apenas as soluções técnicas de intervenção que garantam cumulativamente a validação dos dois referidos processos para a seleção de soluções técnicas serão consideradas adequadas para implementação no local de intervenção. Complementarmente, são propostos critérios

suplementares de apoio à decisão, nomeadamente tendo em consideração (i) a componente económica, (ii) o impacto estético e paisagístico após a intervenção, e (iii) o impacto gerado no *habitat* pela solução técnica selecionada.

No capítulo 5 será feita uma descrição e justificação da proposta de critérios de seleção e complementares de apoio à decisão, para utilização no processo de seleção aqui proposto.

4.5. Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais - 3ª Etapa

A implementação e operacionalização de um programa de monitorização a margens fluviais intervencionadas, permitem obter informação por forma a detetar, caracterizar e entender, a tendência de evolução dos resultados da intervenção, quer no espaço, quer no tempo.

Apresenta-se na Figura 33, o esquema de ação da proposta de metodologia de monitorização de intervenções em margens fluviais, desenvolvida para avaliação pós-intervenção do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas. Apesar desta proposta de metodologia ser aplicável a qualquer intervenção realizada em margens fluviais, independentemente do tempo de intervenção, idealmente seria desejável existir uma avaliação imediata após a conclusão da intervenção ou um relatório para aferir sobre a qualidade da construção realizada e a garantia do cumprimento do estabelecido em projeto.

A metodologia proposta está dividida em duas fases principais: (i) a avaliação temporal do estado de conservação das (estruturas/intervenções correspondentes) às soluções técnicas de estabilização de margens utilizadas (passos 1 a 5); e, (ii) a análise comparativa entre o desempenho observado (em resultado de (i)) e a evolução temporal expectável associada às diferentes soluções técnicas utilizadas (passo 6). A avaliação do estado de conservação dessas soluções técnicas implementadas permite acrescentar valor aos dados levantados em campo e identificar o grau de sucesso ou insucesso numa determinada variação temporal. Para cada solução técnica é avaliado o nível de desempenho das componentes: física (aferição da robustez das estruturas construídas) e/ou ecológica (taxa de sucesso do desenvolvimento da vegetação aplicada), com base na atribuição de uma classificação qualitativa, numa gama de valores de I a V (I-Medíocre; II-Mau; III- Razoável; IV-Bom; V-Excelente). A segunda fase da metodologia proposta consiste em realizar uma análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal potencialmente expectável¹¹ das soluções técnicas implementadas na estabilização de margens. Essa informação permite identificar os desvios nos resultados observados e avaliar as condições ótimas para o melhor desempenho de cada solução técnica (Palmer *et al.*, 2005; Bernhardt & Palmer, 2007; Florineth, 2007; Palmeri, 2007; Sousa, 2015).

¹¹ Ver capítulo 5: Figura 35

A metodologia proposta está estruturada e desenvolvida para produzir informação para introdução numa base de dados. A atualização sistemática dessa base de dados ao longo do tempo vai permitir uma melhoria no processo de seleção de soluções técnicas, com a identificação das melhores condições de base, e o correspondente reajustamento das curvas de evolução (Pinto *et al.*, 2016), que podem funcionar no futuro como um estado de referência.

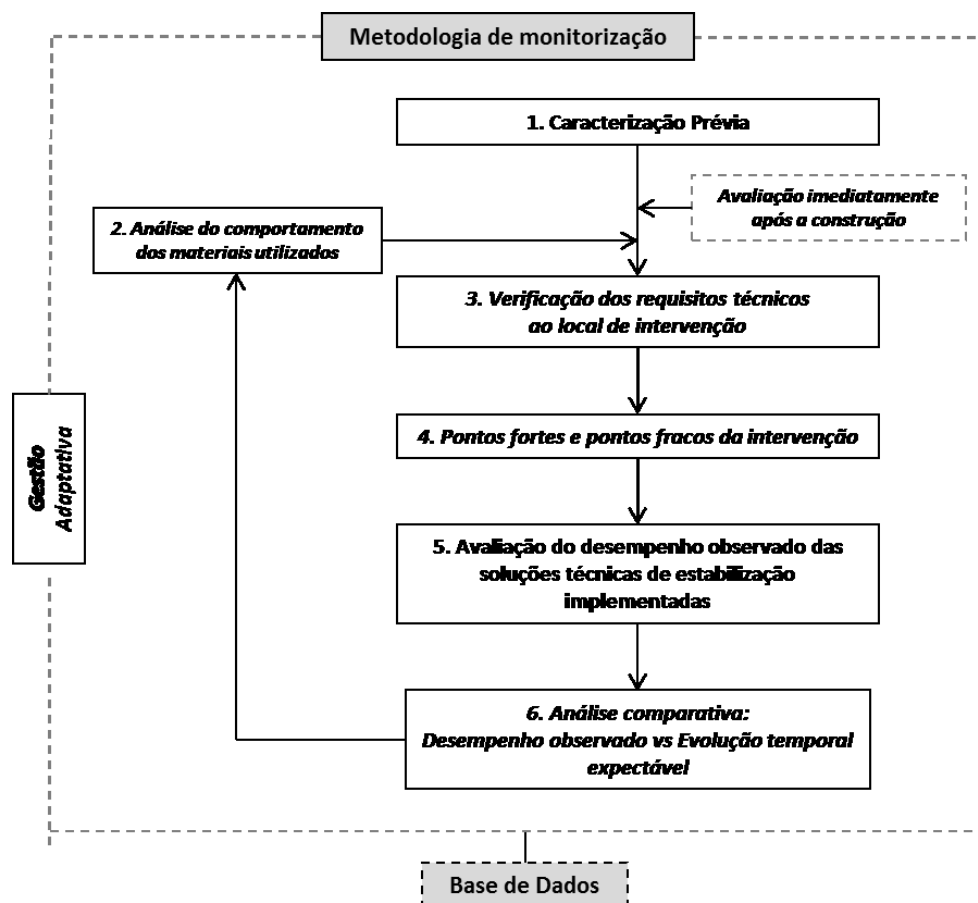


Figura 33 – Esquema de ação da proposta de metodologia de monitorização de intervenções em margens fluviais

Essa análise inicia-se com uma caracterização prévia (passo 1) do local de intervenção, abrangendo as diferentes soluções técnicas implementadas, por forma a entender as causas que estiveram na origem da intervenção. Proporciona, dessa forma, uma visão holística entre o diagnóstico efetuado e os resultados observados do estado de conservação atual. Em seguida, deve ser realizada uma análise do comportamento dos diferentes tipos de materiais utilizados por cada solução técnica (passo 2) e a verificação dos requisitos técnicos associados ao local de intervenção (passo 3). A identificação dos pontos fortes e fracos (passo 4) permite fazer uma avaliação geral da intervenção e atribuir uma classificação global qualitativa a cada solução técnica implementada em função do desempenho temporal observado (componentes física e/ou ecológica), numa gama de valores de I a V (passo 5). Com o cruzamento da informação de cada solução técnica, segundo condições *in situ* e com tempos de intervenção diferentes, efetua-se uma análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal potencialmente expectável (passo 6). Como resultado deverá ser

desenvolvida uma estrutura de base de dados, que sirva como repositório da informação recolhida e analisada pela aplicação da metodologia de monitorização em cada instante temporal (passos 1 a 6) com a mais-valia de permitir uma efetiva análise ao nível do cruzamento e na variabilidade dos resultados ao longo do tempo.

A sistematização deste processo de monitorização segue a aplicação do conceito de gestão adaptativa (Downs & Kondolf, 2002), um processo estruturado e iterativo cujo objetivo é reduzir as incertezas na tomada de decisão através da aplicação, ao longo do tempo, às intervenções fluviais (Figura 34). A aplicação de um programa de monitorização e avaliação pós-intervenção permite testar se as ações tomadas são as “melhores práticas” e modificá-las, se necessário. O sucesso da comunicação dos resultados da monitorização deve ser avaliado e modificado conforme necessário para maximizar o seu impacto em todas as fases do projeto.

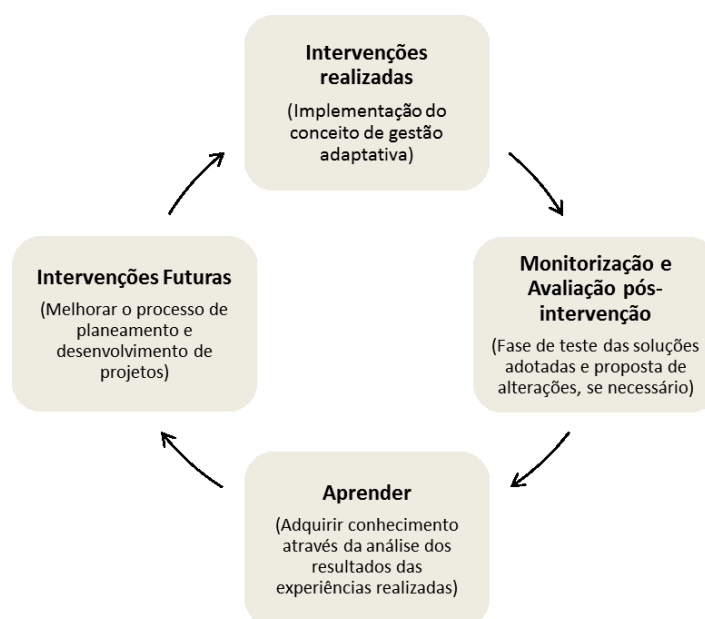


Figura 34 – Modelo conceitual de gestão adaptativa aplicado às intervenções fluviais (adaptado de Jackson & Clunie, 2014)

No capítulo 6, apresentam-se de uma forma detalhada, todos os passos referenciados na 3ª etapa da metodologia proposta.

5. SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS FLUVIAIS

Caracterização e proposta de critérios para seleção

5.1. Introdução

Tomando por base a definição clara e objetiva de base sistemática para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens (2ª etapa da metodologia proposta), o principal objetivo deste capítulo é descrever e caracterizar, de forma resumida, as soluções técnicas de intervenção adotadas neste trabalho, e justificar a tipificação dessas soluções, através dos diferentes critérios de seleção e complementares propostos, ilustrados graficamente e em matriz.

Assim, no ponto 5.2, é efetuada uma apresentação e caracterização dos diferentes grupos de soluções técnicas de intervenção em margens. Para cada grupo, é apresentada uma descrição sumária com os principais objetivos, funções desempenhadas e efeitos pretendidos com a sua aplicação, bem como uma análise comparativa do desempenho teórico-expectável, e correspondente análise de custos de construção e manutenção, ao longo do tempo. Adicionalmente, apresenta-se para cada solução técnica, uma ficha de caracterização individual que condensa as principais especificações técnicas e desenhos esquemáticos – em corte transversal e alçado (vista em perspetiva) – necessários para o processo de seleção dessas soluções.

O ponto 5.3 tem como objetivo propor e justificar um conjunto de critérios a utilizar no processo de seleção dessas soluções. Para tal, é feita uma identificação e justificação dos critérios de seleção e complementares propostos, atentos também os critérios já existentes e definidos por outros trabalhos. A proposta de critérios apresentada avalia a capacidade de utilização de cada solução técnica ao nível das características físicas, hidráulicas, ecológicas, paisagísticas, económicas e socioculturais. Os resultados dessa análise são ilustrados graficamente e em matriz.

Por fim, no ponto 5.4, é apresentada uma síntese em relação à caracterização e tipificação de soluções técnicas de intervenção em margens efetuada, salientando os pontos mais importantes de cada tópico.

5.2. Caracterização de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais

As intervenções em margens fluviais são, frequentemente, necessárias para proteger os investimentos humanos situados ao longo dos rios (Cavaillé *et al.*, 2013), para mitigar problemas de qualidade da água (Tánago & Jalón, 2007), para evitar a perda dos terrenos marginais às linhas de água (Kapitzke *et al.*, 1998), entre outras situações. Essas intervenções podem ser desenvolvidas através de ações imateriais ou materiais (Maia *et al.*, 2013). As ações de intervenção imateriais prendem-se, essencialmente, com ações de fiscalização e monitorização/manutenção de carácter preventivo, pretendendo detetar, avaliar e mitigar os impactes negativos decorrentes das intervenções em sistemas fluviais. Normalmente, os projetos de estabilização de margens conjugam os dois tipos de ações de intervenção de forma integrada (Cortes *et al.*, 2010, 2011, 2013), devendo as ações imateriais ser sempre associadas, de modo automático, à concretização das materiais. As ações de intervenção materiais, às quais está associado um conjunto de soluções técnicas de intervenção (comumente designadas neste trabalho como soluções técnicas de estabilização de margens) em margens fluviais, têm como principal objetivo aumentar a resistência da margem, por meio de diferentes formas, nomeadamente com a instalação de estruturas físicas, com recurso ao uso de material vivo ou inerte (Tánago & Jalón, 2007; Zeh, 2007; Mas, 2008; Teiga, 2011, Cramer, 2012). Neste trabalho, foram revistas e analisadas 22 soluções técnicas de intervenção em margens fluviais, nomeadamente: (8) Engenharia Tradicional (TET); (10) Engenharia Natural (TEN); e, (4) Combinadas (TC), sintetizadas no Quadro 23. Estes três grupos de soluções técnicas distinguem-se pelo tipo de material usado, características específicas de construção, objetivos, campos de aplicação, funções que desempenham, impactos que geram e pela capacidade de integração na paisagem e nos ecossistemas em que se aplicam (Tánago & Jalón, 2007).

Quadro 23 – Principais soluções técnicas de estabilização de margens fluviais correspondentes a cada grupo: TET; TEN e TC

Técnicas de Engenharia Tradicional (TET)	Técnicas de Engenharia Natural (TEN)	Técnicas Combinadas (TC)
Muro de betão armado	Sementeira	
Muro de gabião	Hidrossementeira	
Gabião cilíndrico	Manta Orgânica	Gabião vivo
Enrocamento	Biorolo	Enrocamento vivo
Colchão reno	Estacaria viva	Colchão reno vivo
Defletor	Faxina viva	Defletor vivo
Geomalha	Entrançado vivo	
Geocélula	Muro vivo (cribwall)	
	Grade viva	
	Esteira viva	

As TET são caracterizadas pela utilização de matéria-prima comum de engenharia civil, nomeadamente, o betão, a pedra e as argamassas, assim como, materiais geossintéticos (geomalha, geocélula e geotêxtil). A natureza desse tipo de materiais permite uma proteção imediata e durável com reduzida necessidade de ações de manutenção (Zeh, 2007; Teiga, 2011); no entanto, implicam intervenções incompatíveis com as funções naturais dos ecossistemas fluviais onde se aplicam. Os problemas mais frequentes associados às mesmas resultam da limitada resiliência às pressões antropogénicas, nomeadamente no que diz respeito aos impactos correntes resultantes da excessiva e rápida urbanização. Tal facto, tem levado à ocorrência de muitas falhas e roturas dessas estruturas

(Li & Eddleman, 2002). A execução desse tipo de soluções técnicas exige espaço mínimo para a acessibilidade de equipamentos e/ou maquinaria necessários para o desenvolvimento da fase de construção, sendo um fator a ter em conta no processo de seleção.

Por outro lado, as TEN caracterizam-se pela utilização de materiais construtivos vivos ou não vivos, como sejam, sementes, plantas, associações vegetais, troncos de madeira e fibras biodegradáveis (Tánago & Jalón, 2007; Mas, 2008; Teiga, 2011). Sempre que possível, deve ser utilizada vegetação do local de intervenção – vegetação autóctone –, por forma a garantir taxas de sucesso elevadas e a não contaminação biológica desse local. Assim, após o levantamento das espécies vegetativas autóctones possíveis de utilizar numa intervenção, será necessário selecionar aquelas que devido às suas características biotécnicas, nomeadamente a taxa de crescimento e o tipo de sistema radicular, se apontam como válidas para utilização aquando da intervenção, sendo capazes de resistir às ações atuantes no local de implementação. Dessa forma, mitigam-se problemas frequentes como a não conformidade entre as características ecológicas do local e a capacidade da vegetação em resistir a diferentes adversidades específicas, como a presença ou ausência de água durante longos períodos de tempo ou velocidades de escoamento elevadas (Cornellini *et al.*, 2010).

Por sua vez, as TC, conjugam a utilização de elementos vegetais com materiais inertes. Os materiais inertes têm como função assegurar a estabilidade do local de intervenção enquanto a vegetação se desenvolve. A utilização integrada dos dois tipos de soluções técnicas – TEN e TC – permite alcançar os objetivos estruturais, assegurando a integração estético-paisagística da construção na envolvente, assim como uma valorização e recuperação dos ecossistemas fluviais, no que diz respeito às funções ecológicas (Zeh, 2007). Vários estudos têm demonstrado a crescente utilização desse tipo de soluções em alternativa às TET, dado o aumento de sensibilidade por parte dos técnicos autárquicos, projetistas, decisores e especialistas em intervenções fluviais, no que diz respeito aos aspetos ecológicos, paisagísticos e económicos (Li & Eddleman, 2002; Li *et al.*, 2006; Cortes *et al.*, 2010, 2011, 2013; Teiga, 2011; Anstead *et al.*, 2012). Esse tipo de soluções técnicas permite aliar a concretização dos objetivos técnicos/construtivos, ecológicos, económicos e paisagísticos aos preceitos estabelecidos na Lei da Água e DQA, onde é atribuída uma importância destacada à conservação, preservação e valorização dos ecossistemas ribeirinhos.

O Quadro 24 sintetiza uma análise SWOT dos três diferentes grupos de soluções técnicas. O termo SWOT é uma sigla oriunda do idioma inglês e é um acrónimo de Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weaknesses*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*). De uma forma sucinta, inter-relaciona os principais pontos-chave presentes em cada um dos grupos de soluções técnicas, evidenciando os principais pontos fortes e pontos fracos que podem reforçar ou melhorar o local de intervenção através da sua implementação (fatores internos); e as principais oportunidades e ameaças (fatores externos), sendo constituídas por aspetos existentes fora da área de ação que poderão influenciar os efeitos da sua aplicação no local de intervenção.

A escolha do tipo de solução técnica adequada a implementar deve resultar na combinação de uma ou mais soluções técnicas, sendo que nessa situação devem ser selecionadas aquelas que, de acordo com as condições identificadas no local de intervenção permitam a maximização dos objetivos técnicos (estabilização/cobertura), ecológicos (criação e diversidade de habitats), paisagísticos (integração no meio envolvente), económicos (gestão económica dos recursos naturais) e socioculturais (valorização do património e melhoria da qualidade de vida da população). O Quadro 25 resume os diferentes tipos de objetivos da aplicação das soluções técnicas de intervenção e os efeitos (diretos e indiretos) pretendidos. Estabelecendo uma inter-relação com a informação presente nesse quadro é possível identificar que, de uma forma integrada, a aplicação das TEN, por

força da sua natureza, apresentam uma forte ligação, a médio-longo prazo, com os objetivos técnicos, ecológicos e paisagísticos, sendo uma alternativa eficaz às TET e TC (Li & Eddleman, 2002; Radspinner *et al.*, 2010; Endreny & Soulman, 2011). Como ponto fraco, a curto prazo, aponta-se a limitada capacidade de consolidação e estabilização da margem logo após a sua implementação, sendo a eficiência técnica plena atingida apenas ao fim de um certo intervalo de tempo. Por outro lado, as TET apresentam como uma oportunidade, a utilização imediata da área envolvente após a intervenção e a promoção da multifuncionalidade do espaço adjacente à margem, dada a robustez das estruturas associadas a este tipo de soluções.

Quadro 24 – Análise SWOT de cada grupo de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais.

	Pontos fortes	Pontos fracos	Oportunidades	Ameaças
TET – Técnicas de Engenharia Tradicional	<ul style="list-style-type: none"> Independentes das características específicas do local de intervenção; Exigem menos área para implementação; Reduzida necessidade de ações de manutenção; Preservação e valorização de terrenos. 	<ul style="list-style-type: none"> Não preenchem qualquer função ecológica; Elementos estranhos na paisagem; Artificialização do traçado; 	<ul style="list-style-type: none"> Utilização imediata da área envolvente após intervenção; Promoção da multifuncionalidade do espaço adjacente à margem; Defesa contra cheias; Melhoria da qualidade de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> Não possuem capacidade de auto-regeneração; Elementos não deformáveis; Transição de potenciais problemas para montante e/ou jusante.
TEN – Técnicas de Engenharia Natural	<ul style="list-style-type: none"> Flexibilidade estrutural; Capacidade de aumentar a sua resistência ao longo do tempo, fornecendo uma proteção que é capaz de auto-regeneração; Exequível em locais de difícil acesso; Aumento de rugosidade; Integração na paisagem; Filtragem/retenção de sedimentos; Preservação e valorização de terrenos. 	<ul style="list-style-type: none"> Não preenchem todas as exigências de consolidação e segurança requeridas; Aplicação dependente das características específicas do local de intervenção; Atingem a eficiência técnica plena após um certo intervalo de tempo; Impossibilidade de construção em certas épocas do ano. 	<ul style="list-style-type: none"> Fornecedor de material vivo; Melhoria e diversidade de <i>habitats</i>; Promoção da educação ambiental; Valorização estética e paisagística do local de intervenção; Criação de áreas verdes e florestais em terrenos até agora incultos; Defesa contra cheias; Melhoria da qualidade de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção do material vivo num estado ótimo durante as fases de transporte, armazenamento e aplicação; Adequação do espaço para instalação do material vivo; Ocorrência de cheias no período de estabilização.
TC – Técnicas Combinadas	<ul style="list-style-type: none"> Exigem, normalmente, menos área para implementação; Aumento da rugosidade; Preservação e valorização de terrenos. 	<ul style="list-style-type: none"> Artificialização do traçado; Impossibilidade de aplicação da vegetação em certas épocas do ano. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilização imediata da área envolvente após intervenção; Fornecedor de material vivo; Melhoria e diversidade de <i>habitats</i>; Defesa contra cheias; Melhoria da qualidade de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> Elementos não deformáveis; Manutenção do material vivo num estado ótimo durante as fases de transporte, armazenamento e aplicação; Adequação do espaço para instalação do material vivo.

Quadro 25 – Principais objetivos da aplicação das soluções técnicas de intervenção em margens e efeitos pretendidos (diretos e indiretos) (adaptado de Cramer, 2002; Mas, 2008; Teiga, 2011)

Objetivos	Efeitos pretendidos
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de estabilidade; • Aumento da rugosidade; • Retenção de sedimentos; • Diminuição da velocidade de escoamento.
Ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Criação/Diversificação de <i>habitats</i>; • Criação de zonas de refúgio para abrigo e alimentação; • Fonte de alimento para a fauna, com filtro e retenção de nutrientes; • Sombreamento e controlo de vegetação (exótica e infestante).
Paisagísticos	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de corredores biológicos; • Aumento da conectividade transversal e longitudinal; • Aumento da heterogeneidade paisagística e qualidade visual.
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Preservação e valorização dos terrenos marginais; • Gestão económica de recursos naturais; • Reforço da segurança para atividades como fonte de rendimento: pesca, agricultura, silvicultura, turismo, navegabilidade, etc.
Socioculturais	<ul style="list-style-type: none"> • Promoção da investigação, no âmbito das ações de monitorização e manutenção das intervenções realizadas; • Promoção da circulação de pessoas ao longo das margens; • Valorização do património e melhoria da qualidade de vida da população.

Sabendo os principais pontos-chave presentes em cada um dos grupos de soluções técnicas e os objetivos (efeitos pretendidos) da sua aplicação, torna-se possível estabelecer uma correspondência entre as principais problemáticas fluviais, as quais estão ou podem estar ligadas à erosão e à instabilidade das margens, e as soluções técnicas de intervenção em margens capazes de as solucionar (Mas, 2008). O Quadro 26 apresenta 12 problemas fluviais sintetizados do ponto de vista prático, solucionáveis por técnicas de estabilização de margens.

Quadro 26 – Correspondência entre as problemáticas fluviais existentes e as soluções técnicas de intervenção em margens fluviais capazes de as solucionar (adaptado de Mas, 2008)

Grupo	Soluções técnicas de intervenção	Problemáticas fluviais											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TET	Muro de betão armado												
	Muro de gabião												
	Gabião cilíndrico												
	Enrocamento												
	Colchão reno												
	Defletor												
	Geomalha												
	Geocélula												
TEN	Sementeira												
	Hidrossementeira												
	Manta Orgânica												
	Biorolo												

Grupo	Soluções técnicas de intervenção	Problemáticas fluviais											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Estacaria viva												
	Faxinas												
	Entrançado												
	Muro vivo (cribwall)												
	Grade viva												
	Esteira viva												
TC	Enrocamento vivo												
	Gabião vivo												
	Defletor vivo												
	Colchão reno vivo												

Legenda (Problemáticas Fluviais):

- | | |
|---|---|
| 1 – Instabilidade de taludes (geotecnia); | 7 – Melhoria e diversidade de <i>habitats</i> ; |
| 2 – Instabilidade das margens; | 8 – Contaminação da água; |
| 3 – Linearidade fluvial; | 9 – Diminuição da capacidade de drenagem; |
| 4 – Erosão do leito do rio; | 10 – Falta de proteção a inundações; |
| 5 – Mobilidade de sedimentos; | 11 – Alteração da comunidade vegetal; |
| 6 – Diminuir a velocidade de escoamento; | 12 – Invasão de espécies exóticas. |

A necessidade de avaliar o estado pós-intervenção, nomeadamente, através do desempenho observado das estruturas correspondentes às soluções técnicas de intervenção em margens implementadas requer a definição de um horizonte temporal, que está dependente do tipo de material que é utilizado e da componente a avaliar (física ou ecológica). Como analisado no subcapítulo 3.4, Rutherford *et al.*, (2000) e Palmeri (2007) apontam o período máximo entre 7 a 10 anos para aferir sobre o desempenho de uma solução técnica (nomeadamente, TEN), enquanto Woolsey *et al.*, (2007) indica como horizonte máximo 15 anos, sabendo que o sucesso de uma intervenção pode ser alcançado mais rapidamente num local do que em outro e as diferentes componentes (física ou ecológica) podem necessitar de mais ou menos tempo para alcançar o máximo desempenho (Cramer, 2012).

Após a consulta de diversos trabalhos neste domínio (Rutherford *et al.*, 2000; Palmeri, 2007; Fernandes & Freitas, 2011; Cramer, 2012; Sousa, 2015; Pinto *et al.*, 2016) e o reforço de conhecimento e de sensibilidade de análise adquiridos nas diversas visitas de campo realizadas a locais com intervenções de estabilização de margens já concretizadas¹², apresentam-se na Figura 35, de forma conceptual, as curvas de evolução do desempenho teórico-expectável (componentes física e ecológica) para cada um dos grupos de soluções técnicas de intervenção. Para cada instante temporal: o nível de desempenho da componente física é avaliado em termos do estado de robustez da estrutura; e, o nível de desempenho da componente ecológica é medido pela taxa de sucesso da vegetação aplicada. O nível máximo de desempenho – Excelente (V) – para as TEN e TC é expectável ser atingido num horizonte de 10 anos, sendo a curva de evolução mais acentuada nas TEN. Neste caso, este grupo de soluções técnicas – TEN - foi dividido em dois subgrupos, em função do tipo de vegetação utilizada (herbácea ou lenhosa), uma vez que apresentam comportamentos de evolução

¹² Ver subcapítulo 7.3

diferentes. As TET apresentam um desempenho excelente aquando da sua implementação (são avaliadas apenas na componente física); no entanto, as estruturas correspondentes devem ser alvo de avaliação, ao fim de aproximadamente 10 anos, por forma a verificar a necessidade de ações de manutenção.

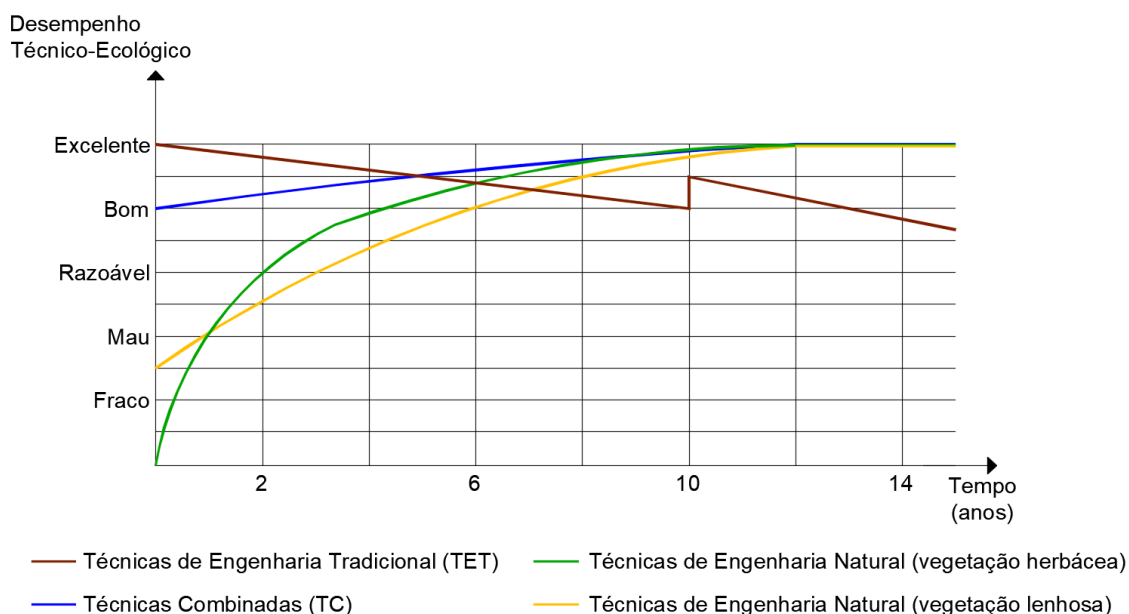


Figura 35 – Evolução conceptual no tempo do desempenho teórico-expectável (componentes física e/ou ecológica) para os diferentes grupos de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais (adaptado de Pinto *et al.*, 2016).

Pela análise da Figura 35, verifica-se que a curva de evolução das soluções técnicas (TEN – vegetação herbácea) apresenta um desempenho nulo após a sua implantação, que é crescente ao longo do tempo. A velocidade de evolução da correspondente curva do desempenho observado é tanto maior quanto mais rápido for o desenvolvimento da vegetação, tendo presente que a sua aplicação é limitada a intervenções com solicitações e exigências técnicas baixas (ver anexo 4.1). No que diz respeito às soluções técnicas (TEN – vegetação lenhosa) apesar da curva de evolução iniciar com o desempenho – Mau (II) - garante uma proteção mínima desde a implantação, sendo esse desempenho crescente ao longo do tempo. Quando comparada com as TEN (vegetação herbácea), o desenvolvimento da vegetação é mais lento, tendo em conta que as espécies lenhosas (troncos de árvores ou estacaria viva) necessitam de mais tempo para se desenvolver; todavia garantem maior resistência às solicitações atuantes. Esses dois tipos de soluções técnicas resultam em sistemas vivos que continuam a desenvolver-se e a manter o equilíbrio dinâmico através de processos de sucessão natural, sem *inputs* artificiais de energia (Sousa, 2015; Pinto *et al.*, 2016). Por outro lado, as soluções técnicas (TET e TC) apresentam, inicialmente, curvas de evolução do desempenho teórico-expectável de Bom e Excelente, respetivamente. As soluções técnicas (TC) apresentam um desempenho inferior às TET, uma vez que aliam a aplicação de materiais inertes com material vegetal; no entanto, esse desempenho é crescente ao longo do tempo com o adequado desenvolvimento dos sistemas radiculares e aéreos da vegetação. Constitui-se como indubitavelmente necessário, a realização de ações de monitorização e manutenção para as soluções técnicas (TET), por forma a garantir um

desempenho excelente ao longo do tempo (Florineth, 2007; Evette *et al.*, 2009, 2012; Cortes *et al.*, 2013).

A Figura 36 apresenta uma comparação dos custos associados à implementação das soluções técnicas - TET e TEN. Essa comparação inclui os custos das fases de construção, monitorização/manutenção e avaliação do estado das estruturas correspondentes. Apesar das TEN apresentarem custos mais baixos, na fase de construção, exigem uma cuidada monitorização e manutenção no futuro, por forma a garantir a plena instalação da vegetação aplicada e a eficiência técnica a longo prazo dentro dos objetivos da intervenção.

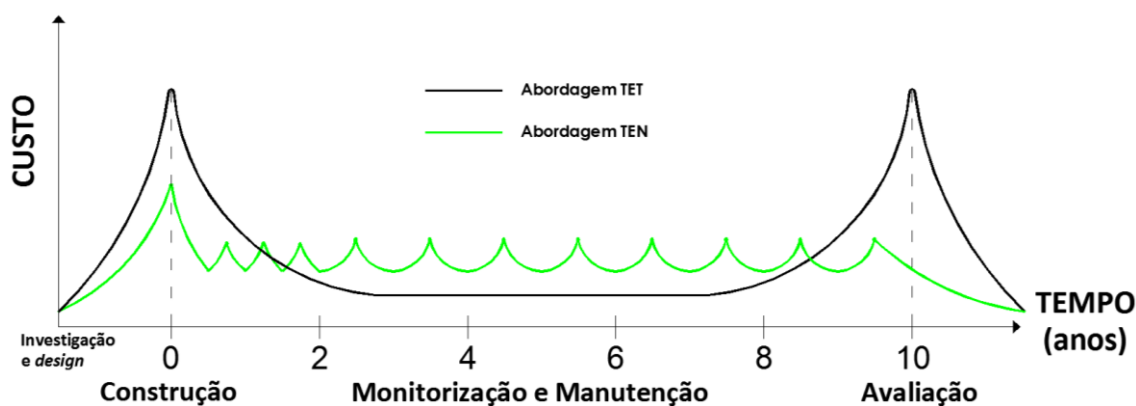


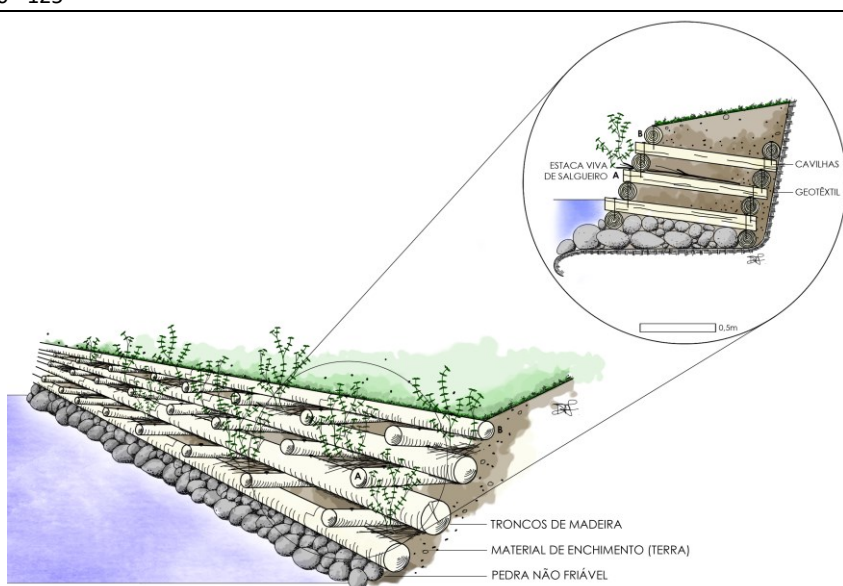
Figura 36 – Comparação dos custos associados à implementação das soluções técnicas - TET e TEN (adaptado de Fernandes & Freitas, 2011).

As TEN por se constituírem como obras de enquadramento dos processos e sistemas naturais em contextos específicos de uso e de risco implicam, de acordo com vários autores (Fernandes & Freitas, 2011; Cortes *et al.*, 2013) uma monitorização mais apertada nos dois primeiros anos após implantação, com a realização corrente de duas visitas anuais, passando-se em seguida a uma visita anual durante seis a oito anos. Ao fim de aproximadamente 10 anos, as intervenções devem ser alvo de avaliação por forma a analisar o estado em que se encontram o local de intervenção e as estruturas correspondentes às soluções técnicas implementadas, obtendo-se, assim, conhecimentos sobre quais os fatores de sucesso e insucesso e modos de correção ou prevenção a adotar.

Com o objetivo de facilitar a leitura e análise das características associadas a cada solução técnica de estabilização de margens (indicadas no Quadro 23), foram elaboradas fichas de caracterização individual, sintetizando um conjunto de especificações técnicas admissíveis, vantagens e desvantagens da sua aplicação, campos de atuação, impactos visuais e ambientais, bem como ações de manutenção, duração e custos de execução. O Quadro 27 apresenta um exemplo da ficha de caracterização individual da solução técnica de intervenção – muro de suporte vivo, *cribwall*. Para cada ficha de caracterização são apresentados desenhos esquemáticos – em corte transversal e alçado (vista em perspetiva) – representando a estrutura imediatamente após a intervenção. Adicionalmente, são indicados métodos de dimensionamento para as soluções técnicas de intervenção em que tal for julgado necessário, nomeadamente para o muro de gabião e, para o enrocamento.

No capítulo 6, apresentar-se-ão de forma detalhada, quais os passos a seguir no programa de monitorização de intervenções em margens fluviais com recurso a soluções técnicas de estabilização.

Quadro 27 – Exemplo de ficha de caracterização individual das soluções técnicas de intervenção em margens, sintetizando um conjunto de especificações técnicas (exemplo: muro de suporte vivo – *cribwall*) (adaptado de Gray & Sotir, 1996; Zeh, 2007; Mas, 2008; Fernandes & Freitas, 2011; Teiga, 2011)

Solução Técnica de Intervenção - Muro de suporte vivo - <i>cribwall</i>	
Descrição (Características técnicas)	É uma construção em madeira constituída por uma estrutura em forma de caixa, formada por troncos de madeira dispostos perpendicularmente. O seu revestimento interior deverá ser feito na base com pedra até atingir o nível médio do escoamento, sendo a restante área bastante diversificada, consoante as necessidades do local a requalificar, mas poderá, essencialmente, ser constituída por terreno local, espécies arbustivas autóctones em torrão ou raiz nua, estacas vivas ou faxinas. Na proteção ou reconstrução de margens, devido à ação erosiva da corrente de água, estas têm que ser fechadas na parte frontal com pedras e/ou faxinas de modo a impedir a erosão do material de preenchimento.
Inclinação da margem	Margens quase verticais.
Altura da margem	Altura variável.
Velocidade da corrente	6 m/s.
Tensões resistentes	500 Pa.
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Mobilidade de sedimentos; Necessidade de diminuir a velocidade de escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Proteção de inundações; Alteração das comunidades vegetais; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Margens fluviais com inclinações entre 40-50°; Linhas de água de média-alta energia, com transporte sólido de médias dimensões.
Materiais	Troncos de madeira (Pinho); Pregos ou varão de ferro roscado / Arame; Material de enchimento (pedra; terreno local e terra vegetal); Material vegetal (estacas vivas; plantas em torrão ou raiz nua, faxinas).
Vantagens	Consolidação robusta; Permeabilidade; Flexibilidade estrutural; Ação drenante devido à vegetação; Recriação de <i>habitat</i> natural; Excelente enquadramento paisagístico.
Desvantagens	Limitado desenvolvimento em altura; Necessidade de meios mecânicos para modelação do terreno.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano. A vegetação deverá ser aplicada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 6).
Duração de execução	120-180 min/m ³
Custo (€/m³)	90 - 125
Esquemas/Exemplos	 <p>Diagrama de um muro de suporte vivo (cribwall) em uma margem fluvial. A imagem principal mostra uma estrutura de troncos de madeira dispostos perpendicularmente, preenchida com terra e pedras, e coberta por vegetação. Um círculo de ampliação no canto superior direito mostra detalhes da estrutura, incluindo estacas vivas de salgueiro, caviças, geotêxtil e troncos de madeira. Uma escala de 0,5m é indicada no canto inferior direito da ampliação.</p>

5.3. Proposta de critérios para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais

5.3.1. Enquadramento base

A seleção adequada de soluções técnicas de intervenção em margens é uma tarefa complexa. Exige a coordenação clara e pragmática entre: a) a validação dos limites admissíveis de desempenho e de tolerância de cada solução técnica às características e ações atuantes na margem; b) os objetivos específicos da intervenção; e, c) a disponibilidade económica para a sua implementação. Torna-se assim claro, que a compatibilidade destes condicionalismos na elaboração e implementação de uma solução técnica ótima que seja prática e exequível requer o estabelecimento de uma tipificação de soluções técnicas pelos principais condicionalismos mencionados. Tendo em conta o referido, apresenta-se neste subcapítulo uma proposta de critérios a utilizar na seleção de soluções técnicas de intervenção em margens. Essa proposta embora condensando informação dos diferentes trabalhos analisados anteriormente (subcapítulo 3.3) segue, no entanto, uma abordagem diferente, considerando dois tipos de critérios: critérios de seleção e critérios complementares.

Os critérios de seleção avaliam a possibilidade de utilização de uma determinada solução técnica, como resultado: do desempenho e/ou comportamento que tem na correção/mitigação do problema geomorfológico identificado na margem; da confrontação entre o valor limite admissível desse critério e as características do local específico da intervenção (margem); e, da validação ou condicionamentos que a solução técnica apresenta. Os critérios complementares são aplicados após a identificação de soluções técnicas adequadas para a estabilização da margem, obtidas através da aplicação dos critérios de seleção. Esses critérios funcionam como parâmetros de decisão, tendo em conta a componente económica e os objetivos específicos da intervenção, nomeadamente ao nível ecológico, paisagístico e impactos no *habitat*. O conjunto de critérios de seleção e complementares identificados como fundamentais para o desenvolvimento desse processo de seleção¹³ resultaram da consulta e análise de diferentes trabalhos (Biedenharn *et al.*, 1997; Simon & Steimann, 2000; Cramer, 2002; Li & Eddleman, 2002; Zeh, 2007; Teiga, 2011; Fernandes & Freitas, 2011; Niezgoda & Johnson, 2012; Antão, 2012) e de dois novos critérios considerados no âmbito deste estudo (um critério de seleção e um critério complementar).

Os critérios de seleção são: (i) correção do mecanismo de rotura presente na margem; (ii) comportamento do canal: equilíbrio/desequilíbrio; (iii) inclinação da margem; (iv) altura da margem; (v) velocidade da corrente; (vi) tensão de arrastamento resistente; (vii) tipo de material da margem; (viii) espaço disponível e acessibilidade; e, o referido novo critério (ix) *tipologia de erosão identificada na margem: isolada ou generalizada*, de modo a diminuir ao máximo possível a utilização de soluções técnicas TET em situações de erosão generalizada, como forma de evitar a ocorrência de impactos negativos ao nível ecológico e paisagístico. O cumprimento e a validação cumulativa desses critérios garantem a seleção adequada de soluções técnicas para intervenção de estabilização de margens. Os critérios complementares de apoio à decisão são: (x) custos unitários de construção; (xi) disponibilidade de materiais vivos; (xii) impacto estético e paisagístico após intervenção; (xiii) impactos gerados no habitat pela solução técnica selecionada; e, o referido novo critério (xiv) *período de construção*, por forma a atentar qual a melhor época do ano para a implementação de

¹³ Ver subcapítulo 4.4

uma solução técnica, sabendo desde logo que as intervenções com recurso a TEN devem ser realizadas durante o período de repouso vegetativo (entre os meses de Outubro a Abril).

Em seguida é feita uma justificação dos critérios de seleção e complementares escolhidos para o processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais. A par dessa justificação é efetuada uma descrição com a apresentação gráfica dos valores limite admissíveis e dos condicionamentos que as diferentes soluções técnicas apresentam para cada critério selecionado - tal à exceção dos critérios ((i), (ii) e (xiii)) que serão enquadradas por matrizes de avaliação específicas (ver Anexo 3.2). A análise dessa descrição possibilita uma comparação entre as capacidades, as limitações, a polivalência e a heterogeneidade associadas aos diferentes tipos específicos de soluções técnicas.

5.3.2. Descrição e justificação dos critérios de seleção e complementares propostos

A identificação e definição dos critérios de seleção e complementares escolhidos para utilização no processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens tiveram como base três fundamentos teóricos: a relevância técnica e científica; a viabilidade; e, a originalidade. No que diz respeito à relevância técnica e científica, a seleção de critérios pretendeu dar resposta aos principais fatores de instabilidade de uma margem¹⁴ e, estar a par dos principais desenvolvimentos científicos analisados na seleção de soluções técnicas de estabilização de margens, sabendo que a ciência está constantemente a redefinir conceitos, prioridades e novas possibilidades de análise e avaliação. No que se refere à viabilidade, não basta que os critérios sejam interessantes e válidos. É fundamental avaliar cada critério com o número mínimo possível de recursos humanos, materiais e tempo para a sua aplicação. Quanto à originalidade - a proposta de critérios e a abordagem a seguir devem contribuir com algo de novo ao nível do saber. Para tal, este fundamento foi trabalhado de duas formas: com a análise de sensibilidade da informação e dados sobre a experiência existente na utilização desses critérios por outros trabalhos de relevo no domínio (Biedenharn *et al.*, 1997; Simon & Steimann, 2000; Cramer, 2002; Li & Eddleman, 2002; Florineth & Molon, 2004; McCullah & Gray, 2005; Zeh, 2007; Fernandes & Freitas, 2011; Teiga, 2011; Cramer, 2012); e, com a proposta de dois novos critérios a incorporar no processo de seleção.

Tendo em conta a justificação dada, apresenta-se de seguida uma descrição e justificação da aplicação de cada critério pela mesma ordem apresentada anteriormente. A informação que se indica relativa aos limites admissíveis de cada solução técnica aos critérios selecionados corresponde a intervenções com ordens de grandeza similares às preconizadas (ex.: extensão $\geq 20\text{m}$; intervenção realizada ao fim de 10 anos), e resulta de uma análise de sensibilidade à informação exposta nos diversos trabalhos referidos anteriormente.

Os critérios (i) e (ii) - correção do mecanismo de rotura presente na margem e comportamento do canal: equilíbrio/desequilíbrio, respetivamente, pretendem incluir no processo de seleção de soluções técnicas, a análise dos processos geomorfológicos presentes na margem e a correspondente capacidade que cada solução técnica tem na correção/mitigação do problema identificado, nomeadamente, nos mecanismos de rotura; e, na avaliação do comportamento que cada solução técnica apresenta para um canal em condições de equilíbrio ou desequilíbrio. As

¹⁴ Ver subcapítulo 2.4.2

classificações variam entre Bom, Razoável, Fraco, Imprópria e Não aplicável. No Anexo 3.2 é possível ver as matrizes de avaliação utilizadas para a determinação desses critérios.

O critério (iii) - inclinação final do talude da margem - está dependente do tipo de solo e do tipo de intervenção a realizar. A Figura 37 define a gama correspondente aos diferentes níveis de aplicabilidade de intervenção dos três grandes grupos de soluções técnicas (TET; TEN e, TC) e a Figura 38 apresenta a gama de valores de inclinação admissíveis abrangidos pelos diferentes tipos específicos de soluções técnicas de intervenção. É possível constatar que o campo de aplicação é bastante alargado, variando entre os 10° e os 60° para um grande leque de soluções técnicas, sendo em alguns casos a aplicação exequível em margens com a inclinação de 90°. O elevado número de soluções técnicas com potencial de intervenção (numa alargada gama de inclinações) deve permitir, sempre que possível, a preservação da inclinação natural da margem, por forma a evitar a alteração do seu estado de referência e o gasto de recursos adicionais.

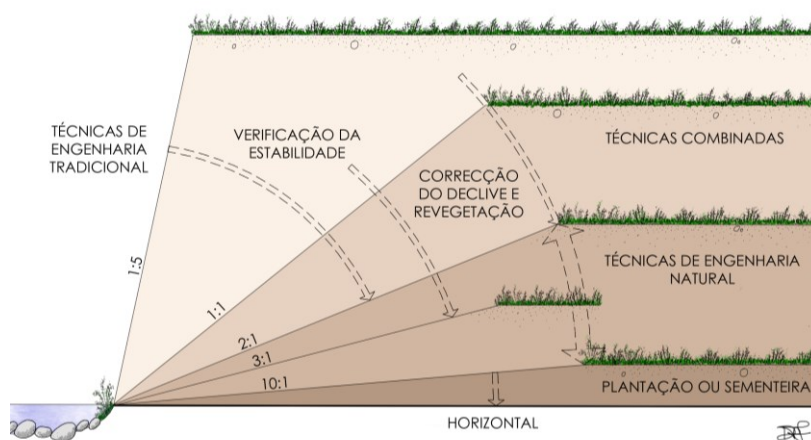


Figura 37 – Diferentes níveis de aplicabilidade de intervenção dos três grandes grupos de soluções técnicas (TET, TEN e TC), de acordo com a inclinação das margens (adaptado de Maia *et al.*, 2013)

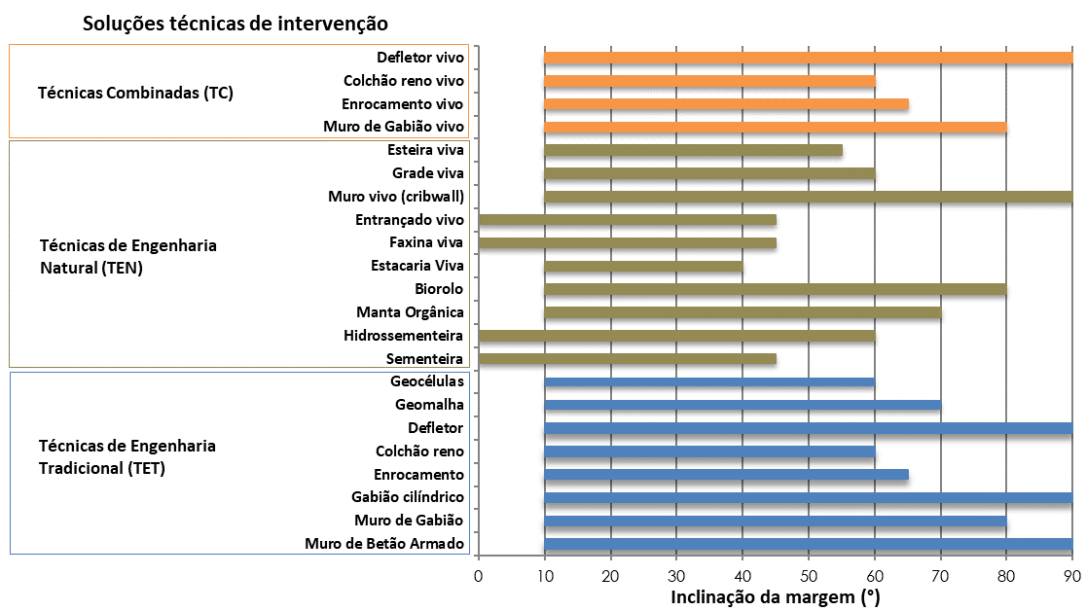


Figura 38 - Gama de valores de inclinação da margem abrangidos pelas soluções técnicas de intervenção (critério iii)

Quanto à altura da margem (critério (iv)), foram distinguidas duas classes para indicar a adequabilidade de aplicação de cada solução técnica (Figura 39): i) altura superior a 2m; e, ii) altura inferior a 2m. As TEN, pelas características físicas que possuem apresentam maior adequabilidade para margens com altura inferior a 2m. Todavia, podem ser aplicadas em margens com altura superior a 2m; sendo que, nesses casos devem ser complementadas com a aplicação de outras soluções técnicas (nomeadamente: faxina viva; entrançado vivo; muro vivo-cribwall; e, esteira viva). As TET e TC são mais adequadas a alturas mais elevadas, em conformidade com os correspondentes valores de inclinação máxima admissível (ver Figura 38).

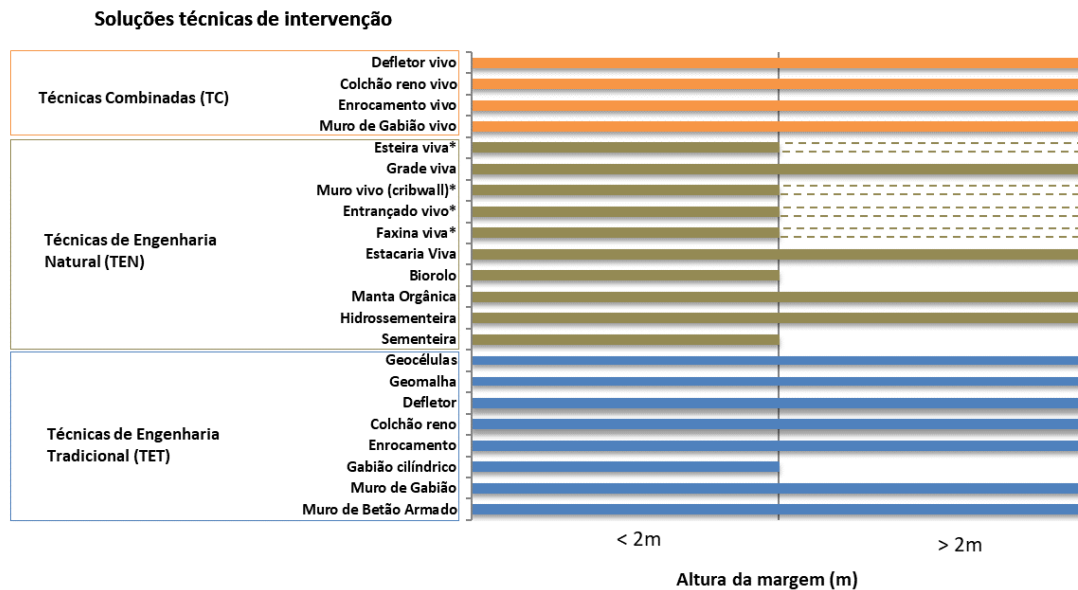


Figura 39 – Adequabilidade de aplicação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta a altura da margem (traço contínuo). Adequabilidade de aplicação de soluções técnicas de intervenção complementares (traço descontinuo) – (Critério iv)

A Figura 40 apresenta a gama de valores de velocidade da corrente (critério (v)) admissível para cada solução técnica de intervenção apresentada. As TEN apresentam valores admissíveis de velocidade mais baixos, todavia, como referido anteriormente, a resistência às ações atuantes aumenta ao longo do tempo, fruto da capacidade regenerativa da vegetação. As TET e TC apontam para valores mais elevados, dada a resistência dos materiais utilizados e a rigidez associada à própria estrutura.

De forma análoga, as TET e as TC apresentam valores de tensões de arrastamento (critério (vi)) admissíveis superiores quando comparados às TEN (Figura 41). Importa, no entanto, referir que os valores indicados para o caso das TET e TC podem variar em função do tipo de características dos materiais, nomeadamente, o diâmetro médio do material inerte. Os valores apresentados para as TEN têm como base a avaliação de uma intervenção realizada ao fim de 10 anos¹⁵.

¹⁵ Ver Figura 35

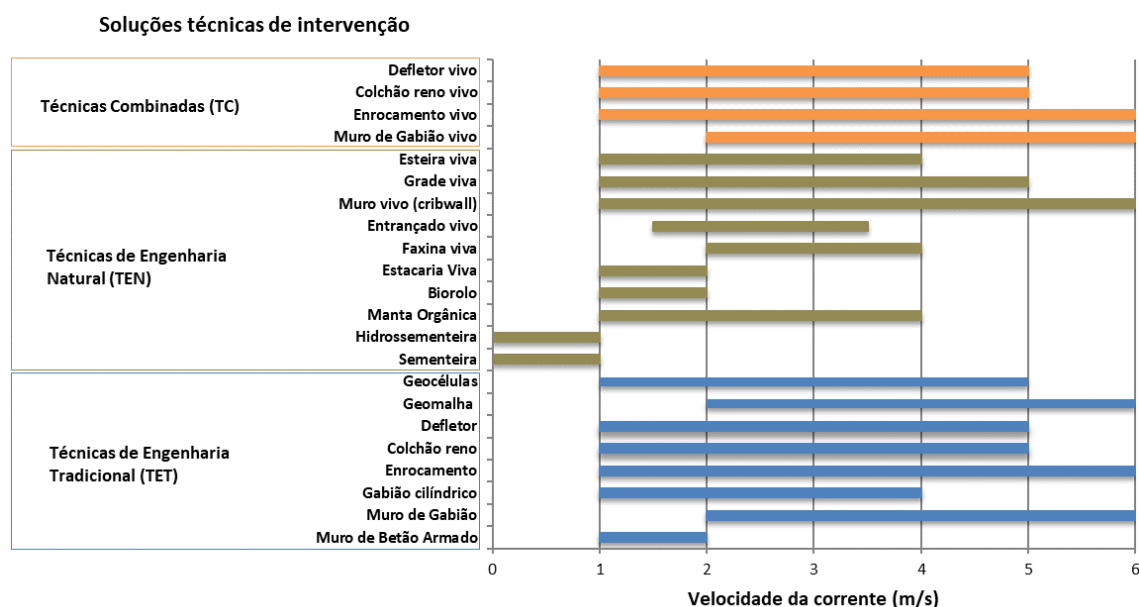


Figura 40 – Gama de valores de velocidade da corrente admissível para cada solução técnica de intervenção (Critério v)

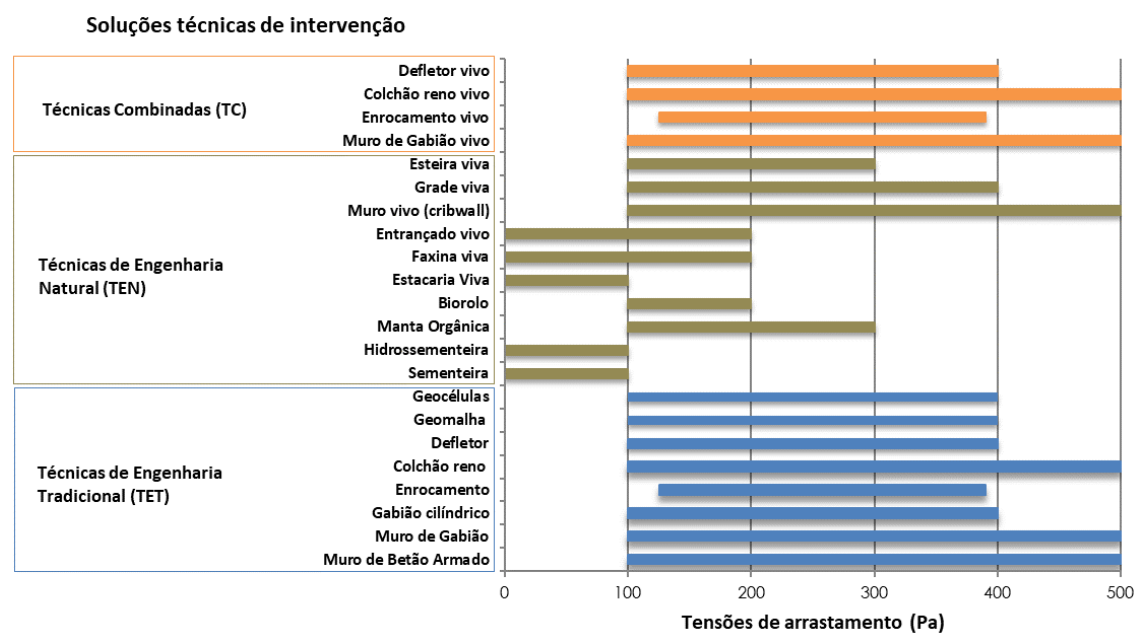


Figura 41 – Gama de valores de tensões de arrastamento admissíveis para cada solução técnica de intervenção (Critério vi)

No que diz respeito ao tipo de material da margem (critério (vii)), este pode ser classificado como “solo pobre” quando contém solo arenoso ou argiloso em excesso, pois o primeiro é fraco na retenção de humidade e nutrientes, enquanto o segundo pode tornar-se muito compacto e dificultar ou restringir o crescimento natural das raízes da vegetação aplicada. Nesse sentido, conclui-se que na presença desses casos, deve evitar-se a utilização de TEN ou soluções técnicas que incluam vegetação. Em relação à disposição do material da margem, a estratificação do solo pode fazer variar

a resistência das várias soluções técnicas às ações do escoamento e ser um ponto débil na margem. Assim, as TEN são mais adequadas para solos homogêneos e férteis, enquanto as TET e as TC se adequam melhor a solos heterogêneos ou estratificados e pobres, pois permitem uma proteção imediata e uniforme em toda a margem (Figura 42).

A Figura 43 apresenta a tipificação das soluções técnicas de intervenção, tendo em conta o espaço disponível para a sua implementação e a acessibilidade de equipamentos e maquinaria pesada, se necessários para a intervenção (critério (viii)). A adequabilidade de cada solução técnica foi atribuída em função da necessidade de utilização de equipamentos pesados para a construção e de espaço disponível na zona envolvente às margens.

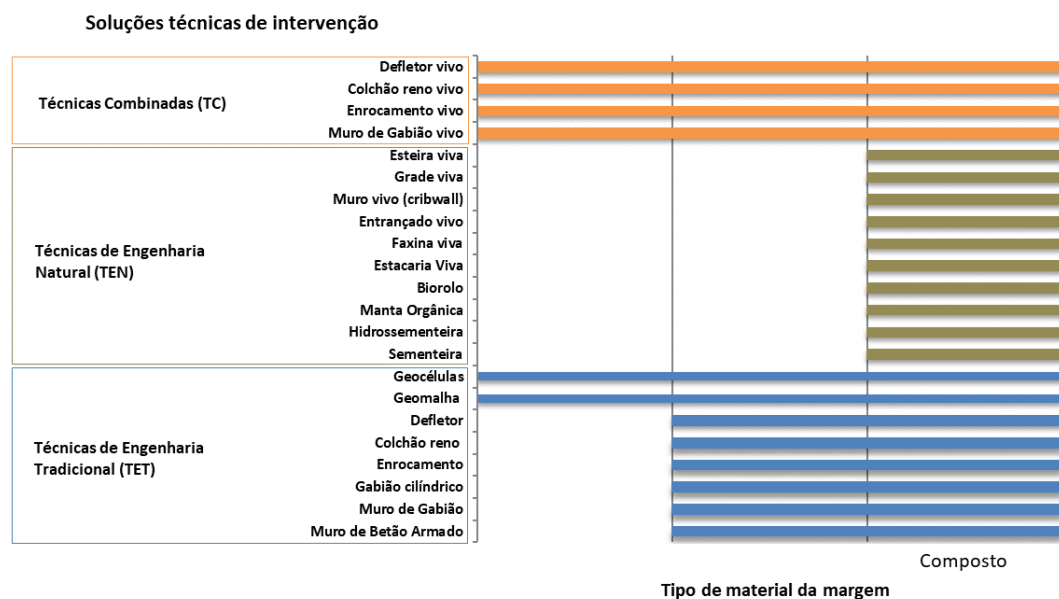


Figura 42 – Adequabilidade de aplicação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta o tipo de material da margem (Critério vii)

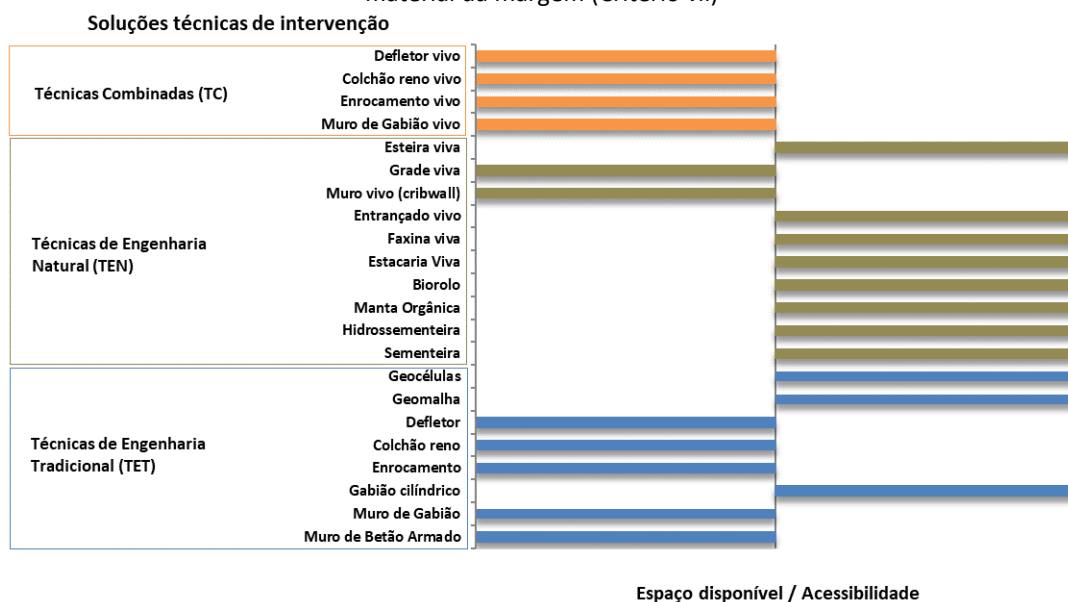


Figura 43 – Tipificação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta a necessidade de utilização de equipamentos pesados para a construção e espaço disponível na zona envolvente às margens (Critério viii)

O critério (ix) – tipologia de erosão, proposto neste trabalho, encerra o conjunto de critérios de seleção apresentados para selecionar a(s) solução(ões) técnica(s) adequada(s) para a intervenção de estabilização de margens (Figura 44). Este critério pretende indicar a adequabilidade das soluções técnicas de intervenção em função da tipologia de erosão que esteja a ocorrer no local de intervenção. Em situações de erosão generalizada (grande extensão da área analisada) são indicadas como adequadas soluções técnicas que originem impactos positivos no *habitat*, melhor qualidade visual e menores alterações ao estado de referência. Em situações de erosão isolada, pontual e, frequentemente, com necessidade de intervenção urgente, permite-se a aplicação de TET, uma vez que se trata de intervir em pontos específicos.

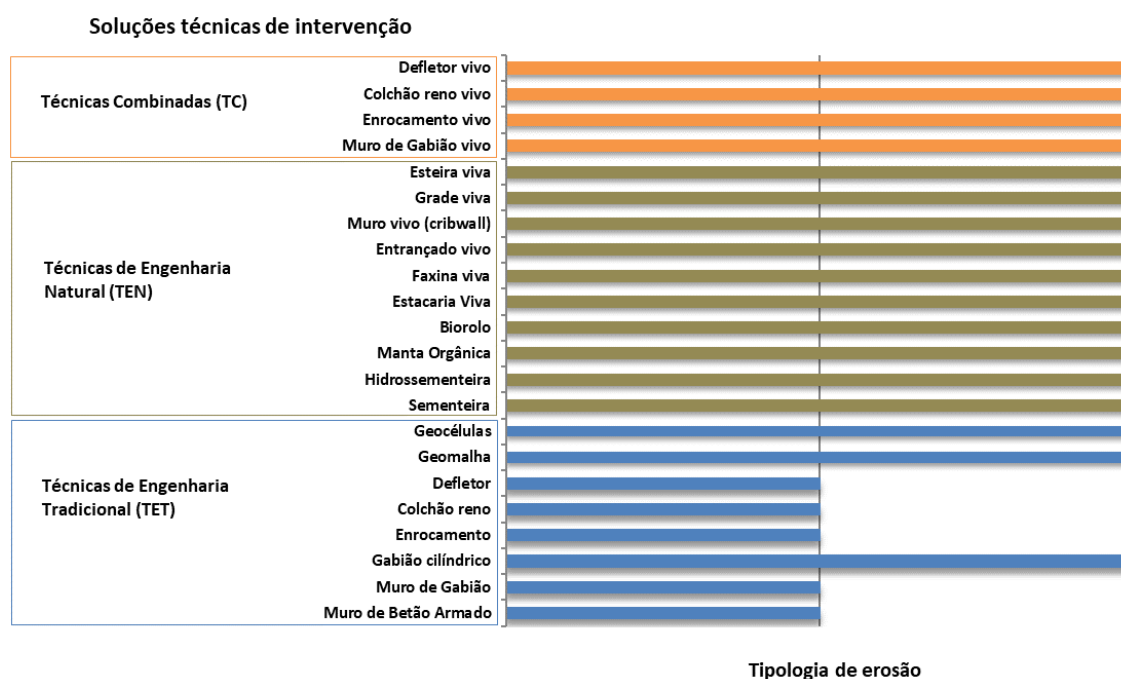


Figura 44 – Adequabilidade de aplicação das soluções técnicas de intervenção em função da tipologia de erosão que esteja a ocorrer no local de intervenção (Critério ix)

A Figura 45 indica uma estimativa do custo unitário de construção de cada solução técnica de intervenção (critério (x)). Os valores apresentados provêm de uma análise de mercado (2010 a 2015), com a solicitação de vários orçamentos pró-forma, da análise de orçamentos relativos a intervenções realizadas no âmbito da reabilitação fluvial (APA-ARH Centro; Município de Pombal; Município de Santa Maria da Feira); e, do trabalho de Teiga (2011). Tomando como base essa informação foi possível constatar que cerca de 75% das soluções técnicas selecionadas, apresentam um custo unitário de intervenção que se situa entre os 20€ e os 125€ (por unidade de medida de intervenção). A gama de valores mais alta corresponde à solução técnica de muro de suporte em betão armado (200-250€/m³) e a gama de valores mais baixa corresponde às soluções técnicas de proteção superficial sementeira, hidrossementeira e estacaria viva (que não ultrapassam 1-10€/m²).

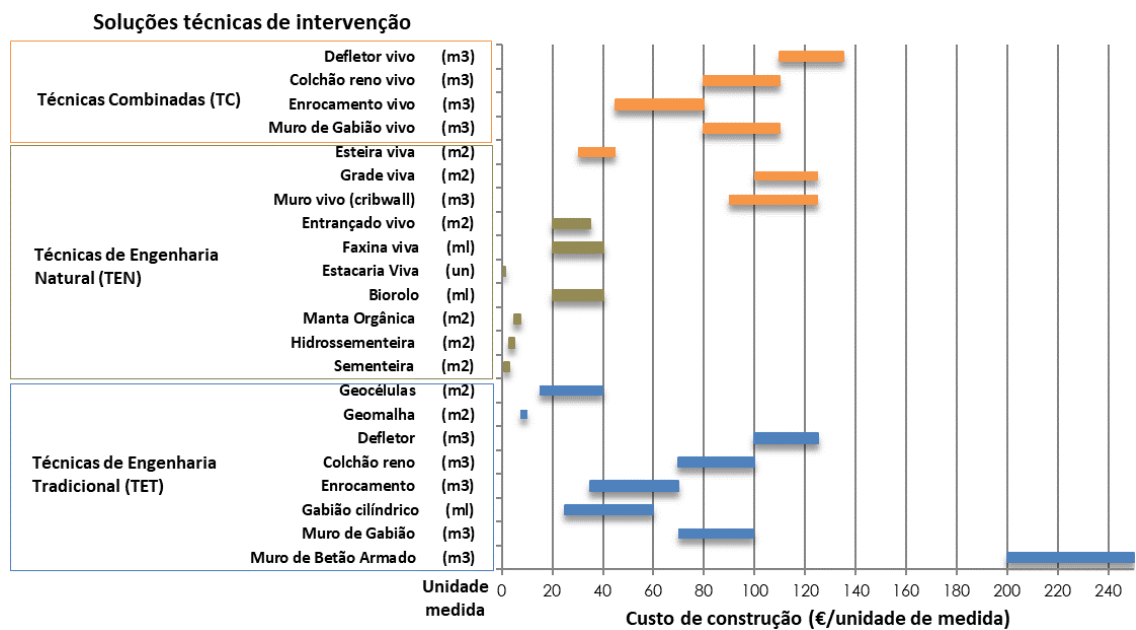


Figura 45 – Gama de valores de custos unitários para a implementação de cada técnica (€/unidade de medida) – (Critério x)

Dos vários projetos de intervenção analisados (PROGECO, 2005; Adp, 2010, 2011; Cortes *et al.*, 2011, 2012, 2013), verificou-se que a possibilidade de disponibilidade de materiais vivos é um critério complementar deveras importante na decisão de escolha de uma solução técnica (critério (xi)). A existência de materiais vivos pode fazer variar o custo unitário de forma considerável, bem como potenciar a possibilidade de utilização de uma solução técnica TEN ou TC. Esse critério apenas se aplica nas soluções técnicas que têm a componente de vegetação, nomeadamente, as TEN e as TC (Figura 46).

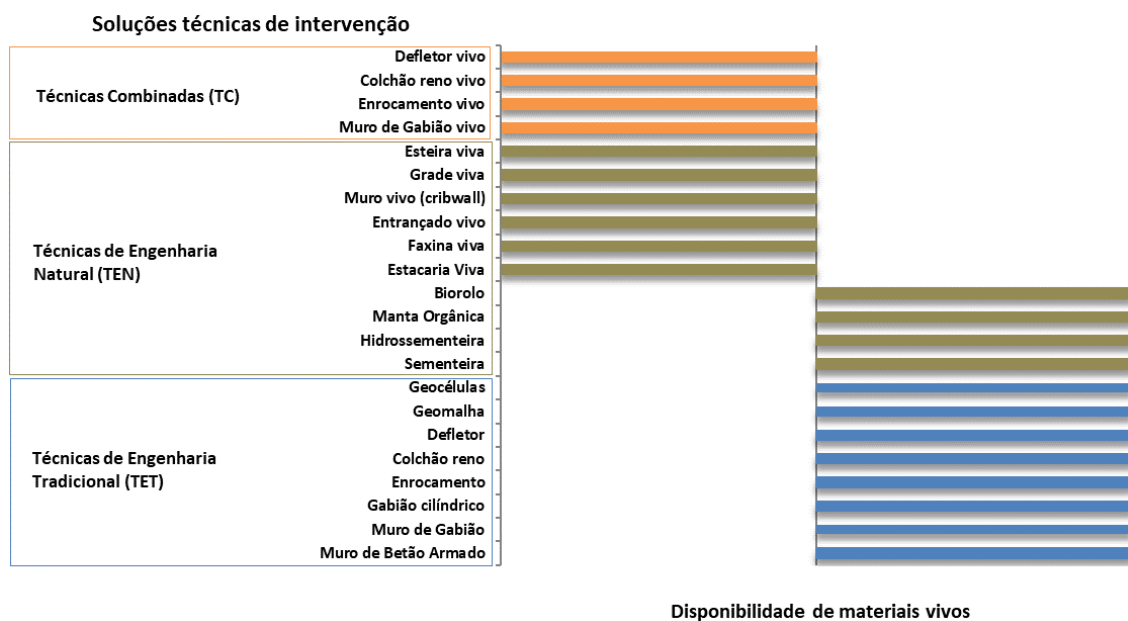


Figura 46 – Tipificação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta a variação do custo unitário de intervenção com a disponibilidade de materiais vivos (Critério xi)

Para avaliação do impacto visual (critério (xii)) pode dizer-se que a magnitude do impacto é tanto menor quanto menos “pesada” for a intervenção e, por conseguinte, menor a alteração do estado de referência. A utilização de vegetação nas TEN atenua o impacto estético e colabora na integração deste tipo de estruturas no meio envolvente, o que atribui a este tipo de soluções técnicas um peso adicional na sua escolha (Figura 47).

O critério (xiii) - impactos gerados no *habitat* pela solução técnica selecionada, pode ser consultado no anexo 3.2. Este critério pretende selecionar as soluções técnicas que evitem ou mitiguem potenciais impactos sobre os *habitats*, identificando através das suas funções as que compensam os impactos gerados por outras soluções técnicas. O objetivo pretendido é combinar ou integrar duas ou mais soluções técnicas, a fim de alcançar o nível de estabilização, evitando ou minimizando os impactos que determinadas soluções possam causar. A análise é realizada para uma sequência de atividades, em que: em primeiro lugar, evitar o impacto; em segundo lugar, minimizar os impactos inevitáveis; e, em terceiro lugar, compensar os impactos. Para cada solução técnica de baixo, médio ou alto impacto, é necessário fornecer uma solução técnica que compense o impacto gerado pela outra solução técnica.

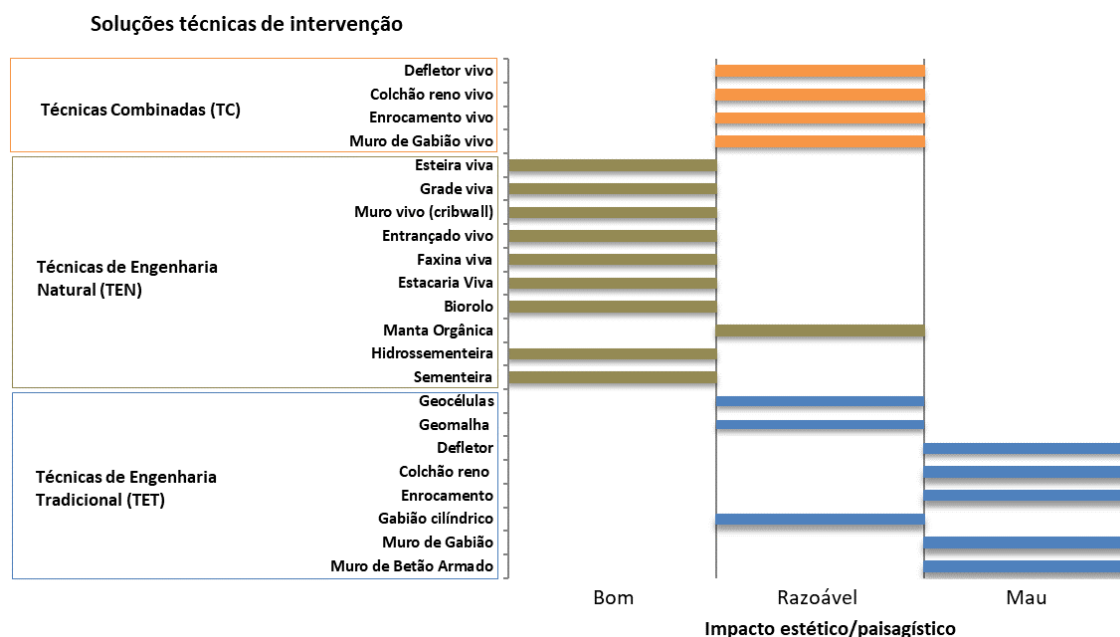


Figura 47 – Tipificação das soluções técnicas de intervenção tendo em conta o impacto estético/paisagístico após a intervenção (Critério xiii)

Por último, o critério (xiv) – período de construção, proposto neste trabalho, finaliza o conjunto de critérios complementares apresentados como parâmetros de decisão no processo de seleção de soluções técnicas. A Figura 48 ilustra a adequabilidade de cada solução técnica ao período de construção (mês) ao longo do ano. A construção das TET - devido ao tipo de materiais que utilizam – é possível em qualquer época do ano, desde que garantidas as condições mínimas de segurança. Por outro lado, a construção das TEN e das TC encontra-se condicionada pela utilização da vegetação, sendo que a aplicação desta apenas se apresenta adequada durante o período de repouso vegetativo, entre os meses de outubro a abril; no entanto, a estrutura inerte associada a este tipo de soluções técnicas pode ser construída em qualquer época do ano. As soluções técnicas de

sementeira e hidrossementeira podem ser realizadas fora do período de repouso vegetativo, caso sejam garantidas ações de rega, de forma a assegurar a viabilidade e sucesso das mesmas.

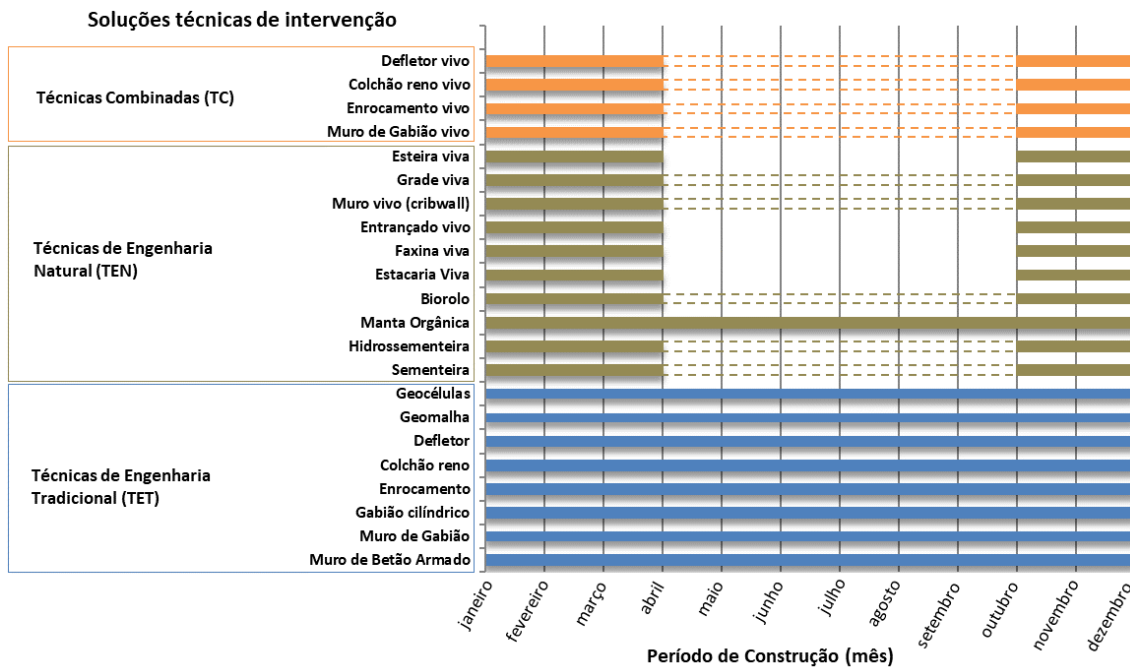


Figura 48 – Adequabilidade de cada solução técnica ao período de construção (mês) ao longo do ano (traço contínuo); Adequabilidade de construção da estrutura inerte da solução técnica de intervenção ao período de construção (mês) ao longo do ano (traço descontínuo) – (Critério xiv).

5.4. Síntese

De acordo com o objetivo geral definido no início do presente capítulo (ponto 5.1), é possível concluir que a seleção de uma solução técnica de intervenção em margens fluviais é uma tarefa complicada e, que cada situação (no curso de água em análise) deve ser tratada como um caso específico. Resulta, também, que as ações de intervenção de estabilização de margens fluviais devem ter em conta as tendências gerais de evolução natural da linha de água em análise, de modo a permitir que seja alcançado o equilíbrio dinâmico do troço em estudo. Para tal, o conhecimento das características hidráulicas e hidrodinâmicas em diferentes escalas espaciais e temporais, é um passo fundamental para a tomada de decisão adequada.

Face à elevada quantidade de diferentes tipos específicos de soluções técnicas de intervenção, foram considerados e caracterizados, no ponto 5.2, três grandes grupos de soluções, segundo a sua natureza material e outros aspetos: TET, TEN e TC. As TET, pelo tipo de material utilizado, correspondem uma proteção imediata da margem e reforço da área envolvente a esta; contudo são geralmente ações que originam impactos (ecológicos e paisagísticos) negativos que se vão repercutir sobre todo o ecossistema em que se insere a linha de água. As TEN conferem maior flexibilidade estrutural à margem, favorecendo a sedimentação e um excelente enquadramento e diversificação

da paisagem. As TC combinam a utilização de material vegetal com elementos inertes, melhorando os seus aspetos estéticos e a sua integração paisagística. Neste subcapítulo foi, ainda, possível enfatizar, através da análise SWOT realizada, os principais pontos-chave que contribuem para a melhoria e proteção destes recursos naturais sem, contudo, alterar a sua imagem de referência. De acordo com as condições identificadas no local de intervenção e os objetivos específicos preconizados em projeto, deverá, sempre que possível, ser incentivada a utilização combinada de uma ou mais soluções técnicas, de modo a maximizar os objetivos técnicos e o potencial ecológico, paisagístico, económico e sociocultural dos cursos de água.

No ponto 5.3 é feita uma proposta de critérios, devidamente justificada, para utilização no processo de seleção de soluções técnicas de intervenção em margens. Salienta-se, em primeiro lugar, a abordagem de tipificação das soluções técnicas subdividida em dois tipos de critérios: critérios de seleção e critérios complementares. A aplicação dos critérios de seleção tem como objetivo identificar as soluções técnicas adequadas para estabilização de margens, numa perspetiva que visa essencialmente a melhoria das condições físicas, geomorfológicas e hidráulicas da margem. Os critérios complementares são aplicados no sentido de incluir no processo de seleção, como parâmetros de decisão na escolha final, as recomendações decorrentes na DQA, ao nível ecológico e paisagístico, e a componente económica. A análise da viabilidade e os condicionamentos que cada solução técnica apresenta aos critérios propostos permitiu efetuar uma comparação entre as potencialidades e limites de aplicação específicos para os diferentes tipos de soluções técnicas. O tipo e número de critérios propostos garantem a aplicação de um processo de seleção que avalia as diferentes componentes de análise de uma linha de água, tendo em conta a estabilização das margens, minimizando as alterações morfológicas e paisagísticas, promovendo a diversidade de *habitat*, mantendo a dinâmica fluvial (e as condições para o equilíbrio dinâmico do curso de água) e a correspondente aproximação às características dos locais de referência e/ou condições para a recuperação natural.

Como nota final, refira-se que neste capítulo se procurou minimizar a componente de incerteza naturalmente associada à viabilidade de aplicação dos diferentes tipos de soluções técnicas de intervenção em margens, através de um processo de comparação e validação dos limites admissíveis de desempenho, tolerância e adequabilidade de cada solução técnica às características e ações atuantes na margem.

6. MONITORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM MARGENS FLUVIAIS

6.1. Introdução

Tomando por base a terceira etapa do esquema geral da proposta de metodologia apresentada¹⁶, no Capítulo 6, será feita uma descrição e proposta de metodologia para monitorização de intervenções em margens fluviais, com a sistematização de diretrizes a seguir na fase pós-intervenção.

Assim, no ponto 6.2 é feito um enquadramento das principais necessidades de informação a obter com a monitorização fluvial, nomeadamente, ao nível das funções/utilizações das margens intervencionadas, dos problemas e pressões identificadas (ameaças) e do impacto gerado pelas soluções técnicas implementadas. Apresentam-se, também, as principais razões para a reduzida implementação de programas de monitorização pós-intervenção em margens fluviais. De acordo com a análise efetuada são descritos em detalhe todos os passos da proposta de metodologia para monitorização de intervenções em margens fluviais, que culmina com a proposta de desenvolvimento do esquema geral de uma base de dados que reúna informação ao longo do tempo e que contribua para identificar e/ou validar as melhores condições para a instalação de uma solução técnica, por forma a melhorar o processo de seleção de estruturas de proteção de margens.

Destaca-se, ainda, para o caso de Portugal, a proposta quanto à frequência, duração e modo como devem ser recolhidos, analisados e utilizados os dados da ação de monitorização e a listagem de entidades/autoridades a quem e como devem ser comunicados os resultados dessa mesma ação.

Em seguida, no ponto 6.3, é apresentado um conjunto de indicadores de acompanhamento e avaliação de intervenções já realizadas, com que se pretende avaliar e divulgar o progresso conducente ao cumprimento dos objetivos propostos na intervenção fluvial, ao longo do tempo.

Por fim, no ponto 6.4, é apresentada uma síntese da informação que se pretende retirar da aplicação da proposta de metodologia de monitorização de intervenções em margens fluviais e da sua contribuição para melhorar o processo de planeamento e suporte à conceção de futuros projetos.

¹⁶ Ver subcapítulo 4.2: Figura 30; e, subcapítulo 4.5: Figura 33

6.2. Linhas de orientação para uma base sistemática de monitorização

6.2.1. Enquadramento geral

O exercício da monitorização pressupõe a recolha de dados e de informação fundamental, bem como uma avaliação regular e sistemática ao longo do tempo (Pinto *et al.*, 2016). Esse exercício deve fornecer os meios para avaliação da eficácia de decisões de planeamento e gestão, tomadas no passado, fornecendo ainda a informação necessária para fundamentar decisões no futuro (Kondolf *et al.*, 2011). É desejável a disponibilização direta da informação recolhida e analisada ao cidadão e a outras entidades, como contributo importante para a gestão participada e cidadania (DQA, 2000).

Um dos principais problemas identificados no desenvolvimento e aplicação de programas de monitorização é a falta de conhecimento sobre qual a informação relevante a recolher e a que escala espacial e temporal se deve atuar. Atualmente, em resultado da ampla utilização de procedimentos de avaliação expedita para a monitorização de áreas ripícolas (Almeida *et al.*, 2009) existe uma alteração da ênfase das ações de monitorização fluvial, evoluindo de estudos específicos de um determinado local, que por vezes, não refletem as características dinâmicas das linhas de água, para avaliações holísticas que incorporam conhecimentos de várias componentes (hidromorfologia, hidráulica, ecologia, arquitetura paisagista) a uma escala mais abrangente, em múltiplos locais (FISRWG, 1998; Jenkinson *et al.*, 2006; Feld *et al.*, 2011). O sucesso dum esforço de monitorização depende do entendimento claro da interrelação entre as principais necessidades de informação a obter. Enumeram-se algumas dessas necessidades: (i) identificação das funções/utilizações das margens intervencionadas; (ii) identificação dos problemas/pressões (ameaças); e, (iii) determinação dos impactos gerados pelas soluções técnicas implementadas. Estas três necessidades poderão ter diferentes níveis de importância em função dos objetivos da intervenção. O conhecimento alargado e prévio da função/utilização da margem intervencionada permite compreender a tendência de evolução da intervenção de acordo com o diagnóstico levantado, assim como estabelecer uma potencial correspondência entre as causas e os problemas identificados. Essas informações providenciam uma avaliação sobre os impactos gerados pelas soluções técnicas e dos fatores que contribuíram para esse estado.

No entanto, a maioria das intervenções de reabilitação fluvial (abrangendo variadas áreas/questões, incluindo intervenções de estabilização de margens) desenvolvidas nas últimas décadas, nunca foram alvo de uma monitorização pós-intervenção a médio e longo prazo (Pander & Geist, 2013). Nos Estados Unidos da América (EUA), apenas 10% dos projetos de reabilitação fluvial desenvolvidos apresentam diretrizes para o acompanhamento e monitorização pós-intervenção (Bernhardt *et al.*, 2005). Paradoxalmente, estima-se que, desde 1990 até 2005, nos EUA foram gastos cerca de 1000 milhões de dólares por ano em reabilitação fluvial (Bernhardt *et al.*, 2005). E só na Baviera (um dos 16 estados da Alemanha), nas últimas duas décadas foram gastos mais de 300 milhões de euros na implementação de projetos de reabilitação fluvial (Pander & Geist, 2013). No entanto, apesar dos elevados recursos financeiros alocados e dos muitos projetos de reabilitação desenvolvidos, é ainda limitado o conhecimento sobre os fatores que levam ao sucesso de uma intervenção (Pander &

Geist, 2013; Swinson *et al.*, 2015). Grande parte das falhas detetadas neste tipo de projetos pode ser atribuída à incapacidade de acompanhar e analisar o estado evolutivo das intervenções, através de uma análise sistemática e integrada (Tompkins & Kondolf, 2007). Tal situação é devida, essencialmente, a dois fatores (Rutherford *et al.*, 2000; Palmer *et al.*, 2005; Bernhardt *et al.*, 2007; Cramer, 2012): (i) a complexidade dos sistemas naturais e sua morosidade de resposta às mudanças, significando, portanto, que a avaliação poderá ser difícil, lenta e dispendiosa; e, (ii) a apresentação de objetivos de intervenção pouco claros e concisos. Apesar do reconhecimento de vários investigadores (Palmer *et al.*, 2005; Bernhardt *et al.*, 2007; Hammond *et al.*, 2011; Buchanan *et al.*, 2012; Palmer *et al.*, 2013) e de constantes apelos da comunidade científica, ao longo da última década, para a necessidade de incluir ações de monitorização pós-intervenção, muitos projetos de intervenção fluvial continuam a ser desenvolvidos sem que sejam alocados recursos suficientes para essa tarefa (Wohl *et al.*, 2005).

A ausência generalizada de avaliações pós-intervenção de projetos de reabilitação fluvial está a limitar a avaliação do desempenho que as medidas implementadas apresentam ao longo do tempo (Palmer *et al.*, 2013). Assim, é fundamental e premente o desenvolvimento de bases de dados com informação mensurável sobre o estado da intervenção, por forma a melhorar, a longo prazo, o estado dos sistemas fluviais (Palmer *et al.*, 2013). A aplicação sistemática e coordenada de ações de monitorização pós-intervenção asseguram uma visão integrada das informações recolhidas e permitem uma avaliação de diagnóstico permanentemente atualizada e disponível para introdução numa base de dados que permita realizar as comparações dos resultados obtidos ao fim de períodos determinados. Torna-se, dessa forma, um instrumento de gestão e conhecimento à disposição dos atores locais, que favorece a participação ativa de todos os interessados no processo de acompanhamento e avaliação das intervenções realizadas.

6.2.2. Diretrizes a seguir no pós-intervenção

Apresenta-se neste subcapítulo uma descrição detalhada de todos os passos referenciados na proposta de metodologia de monitorização de intervenções em margens fluviais (apresentada no subcapítulo 4.5). Sabendo que a implementação de um projeto de intervenção fluvial, nomeadamente, de estabilização de margens, deve ser objeto de um adequado sistema de promoção, acompanhamento e avaliação (APA, 2016), a metodologia proposta pretende estabelecer uma visão holística do estado de conservação das margens intervencionadas. A aplicação sistemática da proposta de metodologia traduz-se na avaliação do grau de execução das ações propostas e na conformidade da intervenção com as linhas de orientação e objetivos definidos em projeto. O conceito “*adaptive management*” confere uma natureza adaptativa e integrada à proposta de metodologia que tem como ponto-chave aprender através da ação, em que os resultados de cada passo de análise da proposta devem ser utilizados para modificar ou melhorar o passo seguinte. Deste modo, vão sendo continuamente reduzidas as incertezas na tomada de decisão, através da análise realizada e do *feedback* desse processo como base para melhorar futuros projetos. Com o

objetivo de exemplificar e melhor enquadrar, desde já, as potencialidades de cada passo da metodologia proposta, serão apresentados quadros exemplos, com os resultados da aplicação ao caso de estudo da ribeira de Algibre (Quadros 28, 29 e 30).

Numa primeira fase, de modo a ter o conhecimento necessário do local de intervenção, deve ser feita uma caracterização da situação antes da intervenção. Isto resulta da necessidade de, em primeiro lugar, entender as causas que estiveram na origem da intervenção, bem como conhecer os principais objetivos e prioridades dessa intervenção (passo 1). No passo 1, são ainda identificadas as soluções técnicas implementadas na margem e no talude, bem como indicado o número de ações de monitorização/manutenção realizadas desde a intervenção até à data da ação de monitorização. No Quadro 28 é apresentado um resumo dos resultados da caracterização prévia do local de intervenção do troço em estudo na ribeira de Algibre.

Quadro 28 – Monitorização de intervenções em margens fluviais (passo 1): Exemplo dos resultados da análise da caracterização prévia da intervenção realizada no troço da ribeira de Algibre

Caracterização prévia	
Causas da intervenção	Elevada erosão da margem direita, colocando em risco a área adjacente utilizada para atividades recreativas e turísticas.
Ano da intervenção	2006.
Objetivos da Intervenção	Implementação de centro demonstrativo e de desenvolvimento de soluções técnicas de engenharia natural; Controlo dos processos de erosão no leito e margens; e, Implementação de um sistema de monitorização.
Técnicas implementadas (Margem)	Muro de gabião; Enrocamento; Gabião cilíndrico; Muro vivo (cribwall).
Técnicas implementadas (Talude)	Grade viva; Manta orgânica e Estacaria viva.
Ações de monitorização/manutenção	Não foram realizadas quaisquer ações de monitorização/manutenção desde a data da intervenção.

O levantamento da informação de base é essencial para entender o processo evolutivo do local de intervenção e para identificar quais os aspetos considerados mais relevantes para a compreensão dos trabalhos desenvolvidos. Neste caso específico, não existe nenhuma informação documentada sobre o estado da intervenção imediatamente após a construção, que possa ajudar a avaliar a qualidade do trabalho realizado e o cumprimento do estabelecido em projeto. No passo 2, a análise do comportamento e das modificações ocorridas ao longo do tempo dos diferentes tipos de materiais utilizados pelas soluções técnicas implementadas permite identificar e definir estados de evolução distintos para cada material utilizado. Os materiais vulgarmente aplicados são: a pedra, o material vegetal, a madeira e os materiais geossintéticos (geomalhas, geocélulas e geotêxteis). As principais razões e/ou características que devem ser consideradas à utilização de cada um dos tipos de materiais são: (i) a pedra – é um material muito utilizado, dado ser acessível e abundante, apresenta proteção imediata e reduzida necessidade de manutenção; (ii) o material vegetal: efetua uma estabilização crescente devido à sua capacidade regenerativa intrínseca; (iii) a madeira - permite uma integração paisagística aceitável ao mesmo tempo que aumenta a diversidade de *habitat* com a colonização e criação de pontos de abrigo; e (iv) os materiais geossintéticos - são predominantemente utilizados em combinação com outros tipos de materiais, promovendo três funções principais: drenante, separação e reforço. Tendo como base, que uma solução técnica de intervenção em margens pode incluir diferentes tipos de materiais apresenta-se, no Quadro 29, um

resumo dos resultados da avaliação do comportamento de cada tipo de material utilizado nas soluções técnicas implementadas no troço da ribeira de Algibre. A caracterização e avaliação de cada variável são realizadas através da recolha de dados em campo.

Quadro 29 – Monitorização de intervenções em margens fluviais (passo 3): Exemplo dos resultados da análise e diagnóstico do comportamento dos diferentes tipos de materiais utilizados nas soluções técnicas implementadas na margem e talude no troço da ribeira de Algibre (visita de campo realizada em Junho 2016)

Materiais (análise e diagnóstico)	
Material vegetal vivo (margem)	
Tipo de vegetação	100% (<i>Salix salvifolia</i>).
Comprimento/Diâmetro (cm)	150(±25) / 5(±2.5) (<i>Salix salvifolia</i>).
Revegetação (retanha)	Foram detetados novos rebentos.
Uniformidade no coberto arbóreo Raízes	<40%.
Estáveis/Instáveis	Estáveis.
Vegetação exótica/invasora	Canas (<i>Arundo donax</i>).
Material vegetal vivo (talude)	
Tipo de vegetação	100% (<i>Salix salvifolia</i>).
Comprimento/Diâmetro (cm)	30(±5) / 2(±1) (<i>Salix salvifolia</i>).
Revegetação (retanha)	Não foram detetados novos rebentos.
Uniformidade no coberto arbóreo Raízes	<40%.
Estáveis/Instáveis	Instáveis.
Vegetação exótica/invasora	Elevada concentração de canas (<i>Arundo donax</i>).
Madeira seca e tratada (Margem/Talude)	
Resistência/Durabilidade	Em estado de decomposição avançado.
Técnica de instalação/aplicação	Troncos sobrepostos fixados por grampos de ferro e pregos.
Pedra (Margem)	
Resistência/Durabilidade	Bom comportamento.
Quantidade	Eficaz.
Forma	Angular.
Dimensões (D ₅₀)	Muro de gabião (40-60cm); Gabião cilíndrico (20-40cm); Cribwall (20-40cm).
Arrastamento de pedras	Não foi detetado.
Geossintéticos/Geotêxteis (Margem /Talude)	
Integridade	Em estado de decomposição avançado.
Sistemas de fixação	Colocação de pedras a cobrir o geotêxtil.
Arame; Grampos de Ferro; Rede metálica (Margem /Talude)	
Pontos de corrosão e/ou degradação	Bom estado.
Técnica de instalação/aplicação	União com arame entre caixas e entre rolos de gabião cilíndrico. Fixação com grampos de ferro e pregos.

Apesar dos diferentes tipos de material vulgarmente utilizados apresentarem características e estados de evolução distintos (Florineth, 2007; Evette *et al.*, 2009), a metodologia proposta propõe a frequência e duração da amostragem, independentemente, do tipo de material a avaliar. Assim, são propostas duas fases de ações de monitorização, cada fase correspondente a um tipo de monitorização, respetivamente: (i) Monitorização sequente; e, (ii) Monitorização de continuidade.

A primeira fase de monitorização (monitorização sequente) corresponde a uma avaliação muito particular e imediata de todas as intervenções realizadas durante os primeiros dois anos (2 anos), quer da componente física (aferição da robustez das estruturas construídas) quer da componente ecológica (taxa de sucesso da vegetação aplicada). Nestes dois primeiros anos, nomeadamente, no contexto geográfico Português, essa avaliação deve decorrer por três visitas por ano: i) março-abril; ii) julho-agosto; e, iii) outubro-novembro. Nos meses de março-abril deve ser documentado o comportamento observado das soluções técnicas implementadas, perante os efeitos dos caudais

elevados ocorridos durante a época de Inverno. Nos meses de julho-agosto devem registar-se os impactos observados, nomeadamente, na componente ecológica. Em outubro-novembro deve ser avaliado o estado de conservação das soluções técnicas e identificadas as potenciais alterações na morfologia das margens.

A segunda fase de monitorização (monitorização de continuidade) tem como objetivo acompanhar a evolução do estado de conservação e integridade ecológica das soluções técnicas de estabilização de margens implementadas, de forma articulada e por um período mais alargado, de 6 a 8 anos. A verificação de campo nesta segunda ação de monitorização, no contexto geográfico Português, deve corresponder a uma visita entre os meses de outubro-novembro, em que sejam respeitadas e acompanhadas todas as correções efetuadas na primeira ação.

A comunicação dos resultados das ações de monitorização deve ser realizada de forma clara e objetiva, com base num relatório que integre a informação do estado de evolução da intervenção e um registo fotográfico georreferenciado. A multiplicidade de objetivos de um projeto e a sua localização, podem determinar a necessidade de comunicar os resultados das ações de monitorização a diversas entidades públicas e/ou privadas. Apresenta-se no Quadro 30 um exemplo de entidades públicas e/ou privadas a considerar para comunicação dos resultados das ações de monitorização de intervenções em margens.






Quadro 30 – Exemplo de entidades públicas e/ou privadas possíveis de comunicar os resultados das ações de monitorização de intervenções em margens

Entidade	Exemplo de aplicação de localização de intervenções
ARH (Administração da Região Hidrográfica) correspondente	Intervenções em domínio hídrico (Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, última redação dada pela lei n.º 130/2012, de 22 de junho)
CCDR (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional)	Intervenções em REN (Reserva Ecológica Nacional)
DGADR (Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural)	Intervenções em RAN (Reserva Agrícola Nacional)
ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas)	Intervenções na envolvente de monumentos, parques naturais ou rede Natura 2000
Infraestruturas de Portugal	Intervenções junto a estradas nacionais ou linhas férreas
REN (Rede Elétrica Nacional)	Intervenções junto a postes de alta tensão ou condutas de gás natural
Autarquia Local	Intervenções junto a estradas municipais ou em zonas urbanas
Entidade Gestora Local	Intervenções junto a condutas de água para abastecimento e saneamento
Proprietários	Todos os proprietários do espaço de intervenção

O passo 3 da proposta de metodologia avalia a adequabilidade de cada solução técnica implementada: ao nível das condições físicas do local de intervenção (altura, ângulo, tipo de material, mecanismos causadores de instabilidade e de rotura da margem, assim como do tipo de erosão presente na margem); ao nível das características do escoamento (tensões de arrastamento e velocidade da corrente); e, ao nível das características ecológicas (tipo de vegetação a utilizar). Com essa análise devem ser destacados os principais aspetos positivos que mais contribuem para o sucesso da intervenção e identificadas as zonas de intervenção mais vulneráveis e que necessitam de

maior atenção, num dado intervalo temporal (passo 4). Desse modo, torna-se possível ajustar os tempos de monitorização previamente estabelecidos para cada tipo de solução técnica implementada (Gray & Sotir, 1996; Zeh, 2007). A classificação qualitativa global das soluções técnicas, de acordo com a avaliação do desempenho observado (componentes física e ecológica) (passo 5) pode variar de I a V (atentas ambas as componentes, como decorre do Quadro 31). Para cada momento de avaliação, o nível de desempenho da componente física é avaliado em termos de robustez das estruturas construídas e o nível de desempenho da componente ecológica é avaliado pela taxa de desenvolvimento da vegetação aplicada. A classificação atribuída é posteriormente utilizada, como resultado do desempenho temporal observado das soluções técnicas implementadas na estabilização de margens.

Quadro 31 – Monitorização de intervenções em margens fluviais (passo 5): Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização de margens implementadas: F (componente física); E (componente ecológica)

Classificação Qualitativa		Descrição da estrutura
Excelente - V		Excelente estado de conservação (F e E).
Bom - IV		Bom estado de conservação (F ou E).
Razoável - III		Problemas em pontos isolados (F ou E).
Mau - II		Estado de degradação elevado, parcialmente destruída (F e E).
Fraca - I		Totalmente destruída, praticamente inexistente. Sem qualquer efeito de proteção (F e E).

No último passo da metodologia proposta (passo 6) é realizada uma análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal potencialmente expectável¹⁷ das soluções técnicas implementadas na estabilização de margens.

A metodologia proposta tem por base o conceito de gestão adaptativa com o propósito de alcançar uma maior confiança na tomada de decisão sobre os projetos existentes, bem como em futuras intervenções de estabilização de margens. Adicionalmente, a estrutura da base de dados desenvolvida e progressivamente aumentada deverá potenciar o uso de dados de diferentes experiências através de repositório da informação recolhida e analisada, pela aplicação do programa de monitorização, em cada instante temporal. Como principal objetivo, pretende-se que forneça recomendações e contribuições para melhorar o processo de seleção de soluções técnicas de estabilização de margens, nomeadamente com a: i. Identificação das melhores condições de base (hidrogeomorfológicas, hidráulicas e ecológicas) para a implementação de uma determinada solução técnica de intervenção, através da avaliação do seu comportamento ao longo do tempo; ii. Aferição e calibração das classificações atribuídas às soluções técnicas de intervenção, em função do nível de adequação, para a estabilização e correção da causa do mecanismo de rotura presente na margem (2ª etapa – seleção de técnicas de intervenção em margens: matrizes de avaliação); e, iii. Validação da solução técnica aos requisitos técnicos do local de intervenção (2ª etapa – seleção de técnicas de intervenção em margens: especificações técnicas).

¹⁷ Ver capítulo 5: Figura 35

Remete-se no anexo 5.1, a ficha-exemplo de levantamento de dados de campo para a monitorização de intervenções em margens fluviais.

6.3. Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação

Considerando a variabilidade na dinâmica natural, sazonal e antrópica dos sistemas ribeirinhos torna-se fundamental promover e definir ferramentas de uso quotidiano que permitam verificar e avaliar o estado de evolução das intervenções realizadas, nomeadamente, com o cumprimento dos objetivos propostos e a compilação de informação com análises de desempenho das soluções técnicas de estabilização implementadas.

O sistema desenvolvido neste trabalho baseia-se na aplicação de um conjunto de indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação que garantam maior objetividade e consistência na avaliação pós-intervenção, dando seguimento ao subcapítulo 6.2, nomeadamente no tipo de variáveis de caracterização. Pretende-se, ainda, que este sistema seja capaz de reunir informação possível para a elaboração de produtos de divulgação que garantam o fácil acesso à informação por parte do público interessado.

A DQA e a Lei da Água colocaram uma elevada relevância na componente - Processos de Planeamento e Avaliação -, cujo objetivo é medir a eficácia e a eficiência das intervenções realizadas de acordo com as medidas previstas. Contudo, os processos de avaliação implicam recursos financeiros e temporais alargados e são normalmente vistos como um fator dispensável (Gameiro, 2010). Nesse contexto, pretende-se ver assegurada a recolha da informação de forma expedita e não dispendiosa, devendo os indicadores serem mensuráveis e auditáveis e apresentarem evidência científica, dado que será necessário garantir a qualidade de informação utilizada. Ressalve-se, ainda assim, que os indicadores, sendo ferramentas relevantes para avaliar o desempenho da implementação de um projeto, devem ser objeto de uma análise cuidada a todo o momento, tendo em conta as situações diagnosticadas para evitar conclusões erradas ou pouco objetivas.

A definição de indicadores de acompanhamento e avaliação está fortemente associada ao ciclo de gestão que se inicia com o planeamento da intervenção e termina com a avaliação de resultados. Desse modo, o modelo proposto neste trabalho, para acompanhamento, avaliação e divulgação dos resultados de um projeto, tem como objetivos gerais analisar e acompanhar o estado de evolução durante e após a intervenção de estabilização de margens, e promover a divulgação da informação relevante sobre a implementação do projeto.

A implementação de um projeto deve atender especificamente às condições gerais e responsabilidades estabelecidas pela entidade responsável do projeto e promotor da intervenção, tendo por base a legislação vigente (DQA e Lei da Água – Lei n.º 58/2005 de 29 dezembro). Os indicadores deverão permitir confirmar se os objetivos propostos estão a ser conseguidos e avaliar a forma como a entidade está a executar a intervenção.

As intervenções de estabilização de margens podem ser avaliadas de forma individual, com a verificação do cumprimento dos objetivos propostos e/ou em conjunto com outras ações de

reabilitação mais alargadas em que possam, porventura, estar incorporadas. A avaliação do sucesso ou fracasso de um projeto de intervenção é decisiva para o desenvolvimento de novas e mais inovadoras técnicas e metodologias de reabilitação fluvial, ao permitir compreender, decidir com mais informação, responsabilizar e sustentar os esforços de melhoria e desenvolvimento. A falta de diretrizes apropriadas é a principal razão para que a avaliação seja frequentemente omitida (Woolsey *et al.*, 2007).

Existem vários modelos conceptuais ou conjuntos de indicadores, desenvolvidos por várias organizações e vários autores, que podem ser utilizados para a caracterização dos sistemas fluviais, devendo atender-se a critérios de simplicidade, objetividade e fiabilidade para a sua seleção. Nesse contexto, apresenta-se em seguida no Quadro 32, um conjunto de indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação divididos pelos principais objetivos considerados num projeto de estabilização de margens, nomeadamente: (i) cumprimento da legislação vigente; (ii) controlo da erosão das margens; (iii) melhoria da galeria ribeirinha; (iv) melhoria da componente socioeconómica; e, por fim (v) promoção e divulgação do projeto de intervenção. A seleção realizada dos indicadores não pretende ser exaustiva, podendo ser complementada com informação adicional (CEN TC230, 2002; Ladson, 2003; BS – EN14614:2004; Woolsey *et al.*, 2007; CSN – EN 15843:2010; Teiga, 2011).

Quadro 32 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação de intervenções de estabilização de margens (adaptado de BS – EN 14614:2004; CSN – EN 15843:2010).

Objetivos Gerais	Indicadores de acompanhamento e avaliação	Unidade
Cumprimento da legislação vigente	Cumprimento dos objetivos ambientais da DQA	Sim / Não
	Ações de monitorização/manutenção realizadas	N.º /ano
Controlo da erosão das margens	Soluções técnicas de estabilização	N.º de locais intervencionados Extensão (metros) Tipo de soluções (TET; TEN; TC)
	Desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	Excelente; Bom; Razoável; Mau; Fraca
Melhoria da galeria ribeirinha	Vegetação instalada	Herbácea; Arbustiva; Arbórea N.º de espécies
	Taxa de desenvolvimento da vegetação instalada	%
	Uniformidade no coberto arbóreo	%
	Largura da galeria ribeirinha	Extensão (metros)
Melhoria da componente socioeconómica	População que beneficia diretamente com a intervenção	N.º de habitantes
	Acessibilidade	N.º de pontos de acesso ao rio Extensão (m)
	Valorização económica do uso do solo da margem	Extensão (metros)
	Capacidade de ocupação pública	Extensão (metros)
	Instalações recreativas	Extensão (metros)
	Caminhos pedonais e cicláveis	Extensão (metros)
Promoção e divulgação do projeto de intervenção	Ações de sensibilização, promoção e divulgação	N.º /ano
	Documentos/Relatórios de acompanhamento	N.º/ano

A aplicação do conjunto de indicadores referidos no Quadro 32 é efetuada nos casos de estudo apresentados no Capítulo 8 (Análise e Discussão de Resultados).

6.4. Síntese

A metodologia proposta pretende dar contributos práticos para as fases de acompanhamento e avaliação de intervenções em margens fluviais. Para que os projetistas e/ou decisores sejam mais eficazes na gestão desses espaços/sistemas naturais, é importante a existência de informação adequada e apropriada sobre as condições desses mesmos sistemas, ao longo do tempo. Para tal, foi desenvolvido e proposto um procedimento sistemático para levantamento de dados em campo, avaliação do estado de conservação das margens intervencionadas e identificação dos desvios dos resultados do desempenho observado das soluções técnicas implementadas em comparação com a evolução teórico-expectável.

De acordo com o enquadramento geral realizado foi possível confirmar que o sucesso do processo de reabilitação fluvial depende não só do projeto de intervenção, mas, também, da atenção dada à monitorização e à avaliação das medidas implementadas. Apesar dos recentes esforços na quantificação e partilha de resultados das intervenções, são ainda escassos os registos escritos que documentam essa informação. Muitos projetos de intervenção fluvial têm vindo a ser desenvolvidos para o controlo da erosão em margens, com a aplicação de soluções técnicas (tradicional e, recentemente de engenharia natural), contudo, os resultados observados nem sempre são os expectáveis. Tal resulta, da ausência de conhecimento sobre o comportamento dos diferentes tipos de soluções técnicas no que diz respeito à relação entre a resposta a diferentes magnitudes de eventos de cheia e a durabilidade e exigências de manutenção necessária para o máximo desempenho técnico-ecológico dessas soluções.

A metodologia proposta apresenta como base de funcionamento para reduzir a incerteza, um carácter holístico e integrado na recolha e análise dos resultados obtidos com a sua aplicação, o que permite fornecer informações que contribuem para melhorar o processo de seleção de soluções técnicas. Além disso, segue o conceito “*adaptive management*” que reforça o processo de melhoria contínua com a avaliação da intervenção realizada, reduzindo as incertezas na tomada de decisão.

A sistematização desta proposta de metodologia perspetiva o desenvolvimento de um esquema geral para a definição de uma base de dados com informações sobre os principais fatores de sucesso de uma intervenção, bem como as respetivas desvantagens e limitações hidráulicas, ecológicas e geométricas das soluções técnicas implementadas. Por outro lado, a constante e permanente atualização, de informação da base de dados permitirá a validação dos valores admissíveis dos diferentes parâmetros de análise associados a cada solução técnica; e, a identificação de estratégias de estabilização de margens fluviais que tenham obtido resultados positivos. Conclui-se, assim, a necessidade de desenvolvimento da estrutura de base de dados como: (i) um estímulo à investigação no que respeita à compilação, análise e *reporting* dos dados recolhidos no âmbito da aplicação de

diferentes programas de monitorização implementados e, (ii) uma importante base para comparar a tendência de evolução do estado de conservação das soluções técnicas implementadas ao longo do tempo, sendo o ambicioso desafio, a integração das múltiplas disciplinas de investigação numa estrutura holística que disponibilize a informação relevante de forma eficiente.

As ações de monitorização devem constituir uma base de informação para ser prosseguida uma leitura e análise contextualizada das alterações que vão ocorrendo no curso de água e ao nível da bacia hidrográfica, contribuindo para um conhecimento contínuo do trabalho realizado. Por forma a assegurar o desenvolvimento de uma rede de monitorização, é imperativo definir e afetar os recursos humanos e financeiros necessários para a sua realização na proposta do projeto de intervenção.

7. CASOS DE ESTUDO

7.1. Introdução / Contextualização

O principal fator do aumento do interesse na estabilização e reabilitação de margens fluviais, com recurso a soluções ecologicamente sustentáveis, prende-se com a crescente consciencialização da importância dos sistemas naturais como zonas de elevada biodiversidade, bem como do seu importante papel como fornecedores de múltiplos serviços económicos, ambientais e sociais, plasmado na DQA e Lei da Água.

No entanto, apesar de estarmos mais conscientes e sensíveis dos limites inerentes à sustentabilidade dos recursos naturais são, ainda, escassos os desenvolvimentos de ações que contrariem os impulsos e modos de atuação que afetam o meio ambiente de forma negativa (Almeida *et al.*, 2009). Alguns exemplos dos impactos que alteram a dinâmica fluvial e, por conseguinte, provocam um desequilíbrio na estrutura física das margens são, como já anteriormente referenciados: (i) a extração excessiva de inertes; (ii) a substituição de galeria ribeirinha por culturas agrícolas; (iii) a existência de pastagens em terrenos adjacentes aos cursos de água; (iv) a construção de infraestruturas hidráulicas que provoquem a diminuição da carga de sedimentos de montante, entre outras. Todas estas situações resultam num aumento do risco de colapso das margens fluviais.

Com base nestes pressupostos, este estudo integrou oito (8) casos de estudo para avaliação global de intervenções de estabilização de margens fluviais. Foram agrupados em duas categorias: quatro (4) casos de estudo para a aplicação da metodologia proposta de caracterização do estado da margem e seleção da(s) solução(ões) técnica(s) de estabilização adequada(s), e quatro (4) casos de estudo para ilustrar a aplicabilidade do programa de monitorização e recolha de informação respeitante ao estado de conservação e evolução temporal das soluções técnicas implementadas. Desse modo, foi possível testar uma multiplicidade de aplicabilidades das metodologias apresentadas e detetar as dificuldades técnicas e operacionais na resolução dos principais problemas associados à estabilização de margens fluviais.

A localização dos casos de estudo percorreu o território nacional de norte a sul. Os casos de estudo alvo de caracterização do estado das margens localizam-se na zona centro do país, nomeadamente na região hidrográfica n.º 4 (Bacias hidrográficas do Vouga; Lis e Mondego): i) rio Antuã (Estarreja); ii) rio Cértima (Anadia); iii) rio Lis (Leiria); e iv) rio Arunca (Pombal). A seleção desses casos de estudo

resultou de um projeto, de iniciativa da ARH do Centro, I.P., para desenvolvimento de um “Estudo estratégico para intervenções de reabilitação na rede hidrográfica da ARH do Centro, I.P.”. O desenvolvimento desse projeto esteve a cargo da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), sob coordenação do orientador da tese e com colaboração direta do autor do presente trabalho. Os restantes casos de estudo (aplicação do programa de monitorização) localizam-se em lugares onde foram realizadas, recentemente, intervenções de estabilização de margens, nomeadamente: v) rio Lima (Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo - Viana do Castelo); vi) ribeira da Granja (Porto); vii) ribeira de Odelouca (Silves); e viii) ribeira de Algibre (Loulé).

Os casos de estudo apresentados no âmbito da monitorização possibilitaram, desde logo, reunir informação possível para introduzir numa base de dados, com os resultados da avaliação do desempenho técnico-ecológico das soluções técnicas implementadas, bem como a disponibilização de informação relevante e consistente para contribuir para a melhoria do processo de seleção de soluções para a estabilização de margens.

7.2. Casos de estudo: Caracterização geral do estado das margens

Os casos de estudo definidos para a caracterização geral do estado das margens resultaram do estudo desenvolvido pela FEUP para a ARH do Centro, onde foram identificados locais com problemas de erosão em margens (Maia *et al.*, 2013). O desenvolvimento desses casos de estudo permitiu exemplificar a aplicabilidade da metodologia de caracterização geral do estado da margem e de posterior seleção de soluções técnicas de estabilização e, em simultâneo, dar resposta aos objetivos propostos pelo referido estudo, nomeadamente no âmbito da proteção de margens.

A caracterização dos quatro (4) casos de estudo incluiu a realização de visitas de campo com a aplicação da ficha de levantamento de dados (anexo 6). A unidade de reconhecimento e caracterização correspondeu no mínimo a três locais de amostragem ao longo de um comprimento nunca inferior a 500 m de um troço de rio, de acordo com a metodologia proposta no capítulo 4.

A informação recolhida da caracterização e reconhecimento do estado da margem permitiu atribuir uma classificação qualitativa ao estado da margem e estabelecer níveis de gravidade de risco de erosão, que por sua vez foram refletidos no tipo de soluções técnicas de estabilização selecionadas no capítulo 8. Os casos de estudo são apresentados individualmente.

Para os casos de estudo do Rio Cértima e do Rio Lis e atenta a gravidade dos problemas identificados e a disponibilidade de meios humanos e materiais, foi possível: realizar o levantamento topográfico dos troços de rios e respetivas secções transversais; e, com a restante informação de base disponível (caudais de cheia correspondentes a diferentes períodos de retorno) realizar, a modelação hidráulica para esses dois casos de estudo com recurso ao *software* HEC-RAS. Obtiveram-se, dessa forma, os parâmetros: tensão de arrastamento; velocidade de escoamento e a variação do nível de água no canal, reforçando a caracterização das velocidades e tensões de arrastamento atuantes nas margens.

7.2.1. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Antuã (Estarreja)

O rio Antuã nasce a uma altitude aproximada de 400 m, no Monte Alto, localidade de Romariz (Santa Maria da Feira), percorrendo uma extensão de 38 km até desaguar na Ria de Aveiro, na zona do Largo do Laranjo, concelho de Estarreja (Figura 49).

A bacia hidrográfica do rio Antuã (BHA), uma das sub-bacias pertencente à bacia hidrográfica do rio Vouga, apresenta uma área de cerca de 149 km² e uma orientação dominante no sentido N-S desde a nascente até ao lugar da Minhoteira, a partir de onde inflete para W-SW em direção a Estarreja. Para além dos municípios já referidos, a BHA abrange ainda, em extensão variável, os concelhos de Albergaria-a-Velha, Arouca, São João da Madeira, Oliveira de Azeméis e Vale de Cambra.

O rio Antuã tem como principais afluentes na margem esquerda, de montante para jusante, a ribeira do Pintor, a ribeira do Cercal e o rio Ínsua. Na margem direita tem como principal afluente a ribeira de Arrifana, que drena São João da Madeira e que também conflui com o Antuã na localidade de Cucujães (Oliveira de Azeméis).

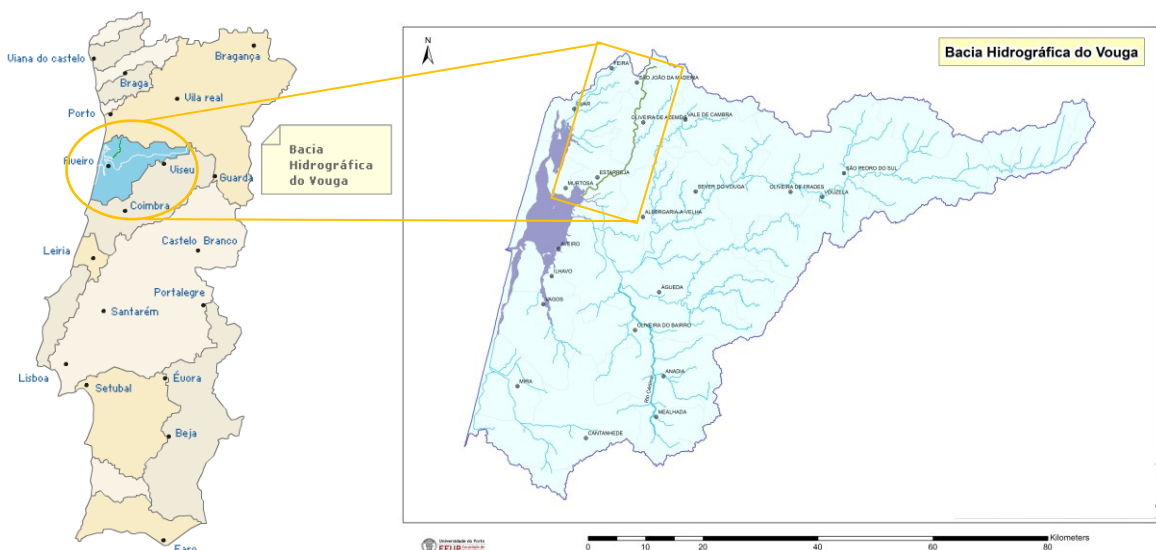


Figura 49 – Localização do caso de estudo: Rio Antuã (Bacia Hidrográfica do rio Vouga)

Geologicamente, na bacia do rio Antuã é possível distinguir uma vasta zona interior, que se estende da nascente até Beduído (Estarreja), formada maioritariamente por xistos e granitos, e uma estreita zona litoral, desde aquela localidade até à foz, onde predominam aluviões modernos.

O regime do rio Antuã reflete o ritmo anual do clima, caracterizado pela alternância entre um estio ‘mediterrâneo’, quente e seco, e um Inverno ‘atlântico’, fresco e chuvoso.

Quanto às tipologias de uso dos solos da BHA, destacam-se os terrenos agrícolas (de dimensões reduzidas) com 46% da área total e as áreas florestais com uma área correspondente a 45% da área total, sendo dominadas pelo pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e o eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sendo a restante área ocupada maioritariamente por zonas urbanas e industriais que se distribuem

no espaço de um modo desordenado, fruto de um crescimento económico acelerado e de um planeamento territorial insuficiente.

7.2.1.1. ZONA DE ESTUDO

O troço de rio analisado situa-se na freguesia de Salreu, concelho de Estarreja, numa zona de vale aberto e de uso das margens agrícola e florestal, com uma extensão aproximada de 1.2 km, com três pontos de amostragem – P1, P2 e P3 (Figura 50).

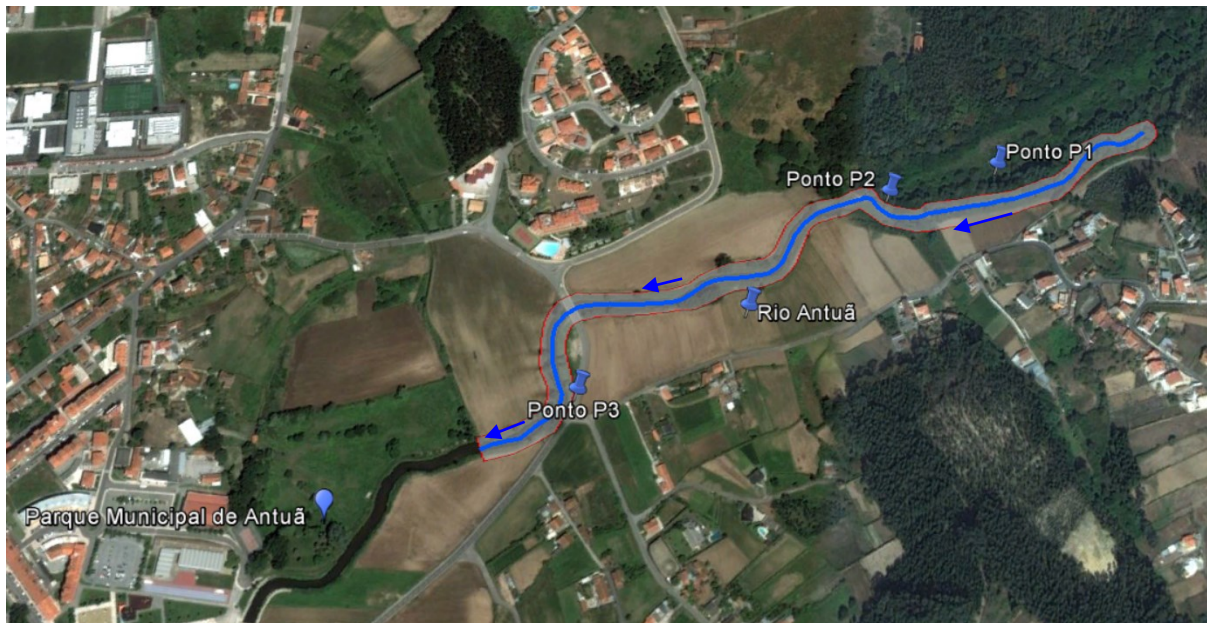


Figura 50 - Zona de estudo: Rio Antuã (Estarreja): Montante para Jusante (Ponto P1, P2 e P3)

O troço analisado situa-se a cerca de 25m de altitude, em solos predominantemente aluvionares. O canal de escoamento apresenta uma largura que varia entre 8m e os 10m, e uma altura das margens que não ultrapassa os 2m com ângulos próximos dos 90°, como resultado do tipo de erosão e mecanismo de rotura identificado (rotura plana e remoção do material da base da margem). O material das margens está disposto de forma homogénea, apresentando baixa compactação, sendo visível o destacamento de sedimentos finos (Figura 51).

Do elenco florístico destacam-se, na zona mais a montante alguns núcleos intercalados de amieiros (*Alnus glutinosa*) e salgueiros (*Salix atrocinerea*) na linha de maior proximidade do curso de água. Na zona mais afastada das margens, é visível a presença pontual de freixos (*Fraxinus angustifolia* subsp. *angustifolia*) e plantação de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*). Na zona marginal, surgem núcleos isolados de mimosas (*Acacia dealbata*), silvados (*Rubus* sp.) e cana (*Arundo donax*). Surge igualmente, na zona mais a montante deste troço, a erva-da-fortuna (*Trandescantia fulminensis*), considerada também invasora pelo Decreto-Lei n.º 565/99 (Maia *et al.*, 2013).



Figura 51 – Rio Antuã (Estarreja) – Fotografias 1 e 2 - vista de montante (Ponto P1); Fotografia 3 e 4 – vista de jusante (Ponto P1)

De um modo geral, a área de estudo analisada encontrava-se com erosão no extradorso do meandro, de forma irregular e pontos de deposição no interior de toda a curva. Constatou-se que, algumas árvores caídas no leito se encontravam a obstruir a passagem normal do escoamento e a funcionar como defletores de corrente, originando áreas de potencial erosão na margem oposta.

Os pontos P_1 e P_2 apresentam maior vulnerabilidade à erosão e, de acordo com a análise realizada, necessitam de intervenção de estabilização de margens, por forma a proteger os terrenos confinantes da linha de água.

7.2.2. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Cértima (Anadia)

O rio Cértima está situado no Centro de Portugal Continental com uma extensão aproximada de 43 km. Todo seu trajeto é feito no distrito de Aveiro, estendendo-se pelos municípios da Mealhada, Anadia, Oliveira do Bairro e Águeda. Nasce na vertente oeste da serra do Buçaco, a sudeste da Mealhada (Ponte Viadores – Casal Comba) a uma altitude de 380 m e desagua no rio Águeda, imediatamente a jusante da Pateira de Fermentelos, já muito próximo da confluência deste curso de água com o rio Vouga, na sua margem esquerda. O seu percurso é feito no sentido Sul-Norte. (Figura 52).

A bacia hidrográfica do rio Cértima (BHC) é uma sub-bacia pertencente à bacia hidrográfica do rio Vouga, com uma área aproximada de 538.8 km². Os limites da BHC são: a Este pela bacia do rio Águeda (afluente do rio Vouga), a Norte pela bacia do rio Vouga e a Sul pela bacia do rio Mondego.

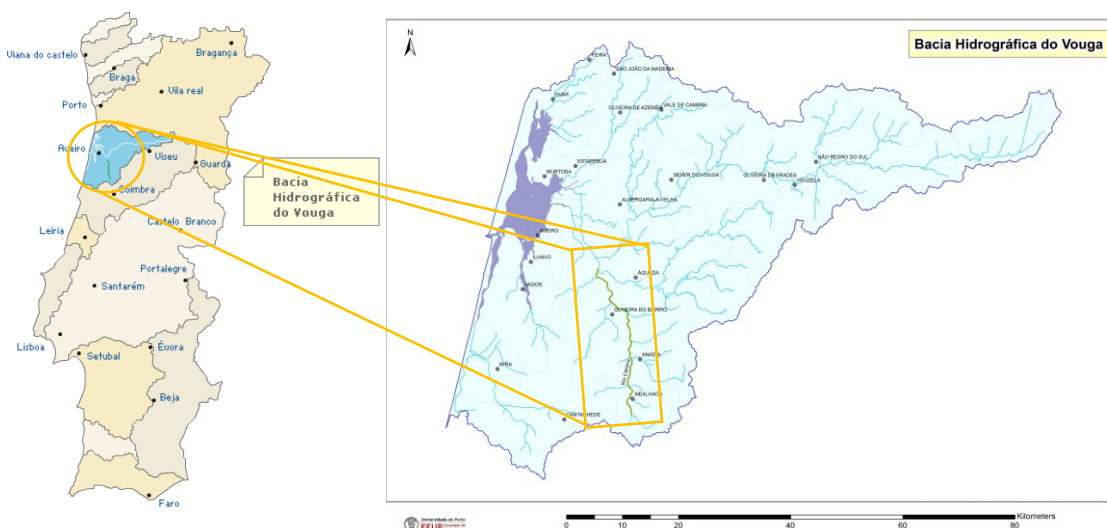


Figura 52 – Localização do caso de estudo: Rio Cértima (Bacia Hidrográfica do rio Vouga)

No que se refere ao relevo, nas serras do Caramulo e do Buçaco estão concentrados os declives mais acentuados, com valores superiores a 30% para cotas de terreno superiores a 300m. A restante área da bacia hidrográfica, compreendendo o vale do Cértima, tem cotas inferiores a 70 m com declives que raramente ultrapassam os 5%, podendo às vezes situar-se entre os 5 e os 10%. O curso do rio pode ser considerado como um rio de planície, uma vez que 90% da sua área de drenagem está situada abaixo dos 100 m de altitude.

A geologia desta área compreende xistos Ordovicianos na zona superior leste da bacia e areias e argilas aluviais modernas na zona oeste, central e inferior.

Climatologicamente, esta região encontra-se na área do tipo marítimo de fachada atlântica, sofrendo as influências cruzadas de um clima mediterrânico típico a Sul e as de um clima temperado de feição marítima para Norte. Dois fatores são preponderantes nos valores de temperatura e pluviosidades: a proximidade do Oceano Atlântico e a variação de altitude. Com uma precipitação média anual ponderada na ordem dos 1089 mm, registados de outubro a março, pode considerar-se um clima moderadamente húmido.

Relativamente ao uso do solo é maioritariamente ocupada por florestas indiferenciadas (de folhosas, resinosas e mato), com maior expressão na zona oriental da bacia hidrográfica, de relevo mais acentuado. A cobertura vegetal exerce grande influência na distribuição da água da chuva, retardando a sua chegada ao solo através de fenómenos de interceção, escoamento pelos troncos e

retenção na camada de restos orgânicos que cobre o solo e, consequentemente, atrasando a velocidade de acumulação de água na superfície que contribui para a escorrência superficial.

7.2.2.1. ZONA DE ESTUDO

A zona analisada neste troço situa-se entre a Ponte de Arcos e a Ponte da Canha no concelho de Anadia com uma extensão de 2.71km (Figura 53).



Figura 53 - Zona de estudo: troço entre a Ponte de Arcos (P1) e Ponte da Canha (P3)

Este troço de rio tem sido a causa de intensas manifestações por parte da população, relativamente à falta de limpeza do leito e das margens, levando a que todos os anos haja inundações nos terrenos e habitações envolventes ao rio. Segundo o PGBH-RH4 (2011) o rio Cértima está classificado como “áreas onde existem riscos potenciais significativos de inundações”.

O troço do rio Cértima em estudo apresenta um traçado com meandros pouco desenvolvidos com uma largura que varia entre os 12 m e os 19 m, apresentando um declive muito suave. Quanto à geometria e material das margens são praticamente constantes ao longo de toda a zona percorrida: as margens apresentam uma altura entre 3.0 m e 5.0 m com ângulos entre os 60° e 90°. O material das margens encontra-se disposto em camadas, apresentando estratos de material granular muito

fino e camadas de material granular misturado com seixos de dimensão média, entre os 4 cm e 8 cm. O material da camada superficial é maioritariamente fino, argilas e siltes contendo uma grande percentagem de matéria orgânica. Devido à presença desta camada superficial, existem ao longo do todo o troço de rio, pequenas clareiras revestidas essencialmente por plantas herbáceas, enquanto nas zonas mais elevadas do talude se formam aglomerados de vegetação exótica (canas e/ou silvados).

A zona central do curso de água é, por vezes, a zona menos profunda, como é o caso junto ao parque de merendas de Mogofores (P_2). Os terrenos envolventes são maioritariamente agrícolas (particulares), exceto junto à Ponte de Arcos (P_1) onde existe um agregado residencial, na margem direita e um parque de merenda junto à ponte de Mogofores (P_2).

De um modo geral toda a zona estudada encontrava-se bastante obstruída com diversos resíduos (lixo e diverso entulho), tanto nas margens como no leito, árvores caídas e uma extensa área de vegetação exótica (canas e silvados).

A erosão das margens está muito concentrada no extradorso da zona em curva, essencialmente na base do talude; o talvegue situa-se perto da margem côncava, agravando os problemas de instabilidade dos taludes, devido à maior profundidade nestas zonas (Figura 54).



Figura 54 – Rio Cértima (Fotografia 1 e 2 – Margem direita junto à Pte. Arcos; Fotografia 3 – Margem esquerda junto à Pte. Mogofores; e Fotografia 4 – Margem direita junto à Pte. Canha)

7.2.3. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Lis (Leiria)

O rio Lis situa-se no litoral centro de Portugal Continental, nascendo na freguesia de Cortes no concelho de Leiria, a cerca de 400m de altitude; percorre uma extensão de 40 km até desaguar no Oceano Atlântico, a norte da praia da Vieira, freguesia de Vieira de Leiria e concelho da Marinha Grande (Figura 55).

O rio Lis tem como seus principais afluentes o rio Fora e a ribeira da Caranguejeira, na margem direita, e o rio Lena e a ribeira do rio seco, na margem esquerda, tendo todos sido alvo de obras de regularização na década de 40 com o objetivo de defender e valorizar os campos marginais (MOPC, 1945).

A bacia hidrográfica do rio Lis (BHL) tem uma área aproximada de 945 km², estando confinada a norte pela bacia do rio Mondego, a este pela bacia do rio Tejo e a sul pela bacia do rio Alcoa, possuindo uma topografia pouco acidentada, com 2/3 da área total abaixo dos 200 m de altitude. As únicas exceções são os planaltos e serras das regiões sul e sudeste, localizadas sobre o Maciço Calcário Estremenho, onde se atingem cotas superiores a 400 m. A altitude máxima da bacia é 562 m, na Pedra do Altar (Proença-a-Nova) (PGBH-RH4, 2011).

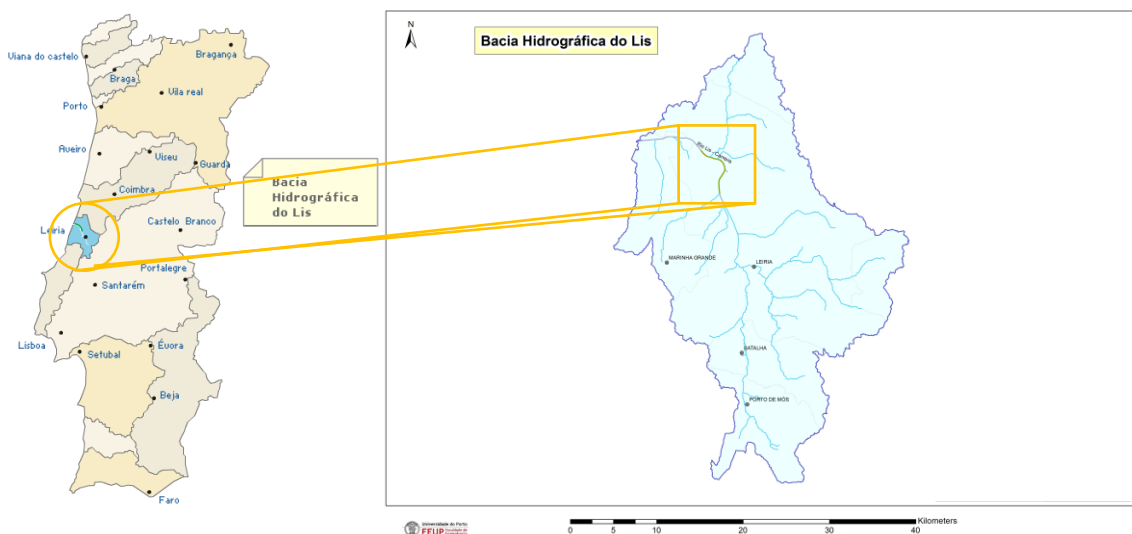


Figura 55 - Localização do caso de estudo: Rio Lis – Carreira (Bacia Hidrográfica do rio Lis)

A BHL estende-se integralmente na Orla Mezoceno-zóica Ocidental que é geologicamente caracterizada pela existência de terrenos calcários, onde são predominantes os solos podzolizados, solos pobres, por vezes muito ácidos e com uma fraca capacidade de retenção de água.

O clima da BHL é marcado pela elevada precipitação no inverno e quase nula no verão, sendo influenciado pela proximidade do oceano Atlântico; a precipitação média anual ponderada da bacia é

de 989mm, ocorrendo os maiores valores médios anuais nas zonas montanhosas das cabeceiras da bacia e os menores na zona junto à costa (PGBH-RH4, 2011).

Quanto ao uso do solo das margens, a bacia é ocupada, fundamentalmente, por terrenos com uso agrícola, silvícola e por terrenos incultos. Os terrenos agrícolas são destinados, essencialmente, às culturas anuais de sequeiro e prados permanentes. As atividades florestais estão voltadas para o cultivo do pinheiro manso e bravo e o cultivo intensivo de eucaliptos, castanheiros, carvalhos e sobreiros. As atividades económicas presentes na BHL com maior expressão são as industriais e as pecuárias, nomeadamente a produção industrial e agroindustrial situada, fundamentalmente junto ao Litoral; a agricultura tem pouco peso e encontra-se sobretudo como formas de exploração voltadas para o auto-consumo.

7.2.3.1. ZONA DE ESTUDO

A zona de estudo está situada na freguesia da Carreira, concelho de Leiria, imediatamente antes do açude insuflável das Salgadas e da confluência da ribeira da Carreira na margem direita do rio Lis (Figura 56). Este troço do rio tem uma extensão de 1.5 km com três pontos de amostragem (P1, P2 e P3) e uma baixa sinuosidade, sendo quase na totalidade desenvolvido em curva ligeira. Em paralelo, na margem direita, está instalada a pista de pesca de Monte Real/Carreira na qual a junta de freguesia da Carreira promove regularmente torneios e convívios. Os terrenos envolventes a este troço de rio são na totalidade de particulares e destinados ao uso de agricultura.

Este troço de rio foi selecionado, tendo em vista a implantação de infraestruturas de apoio à pista de pesca instalada na margem direita e pela presença de erosões nas duas margens que por sua vez, arrastam sedimentos para o leito do rio, originando assoreamentos a jusante. O reforço das margens será inevitável, na medida em que o tipo de utilização marginal origina uma elevada pressão incidente sobre a margem.

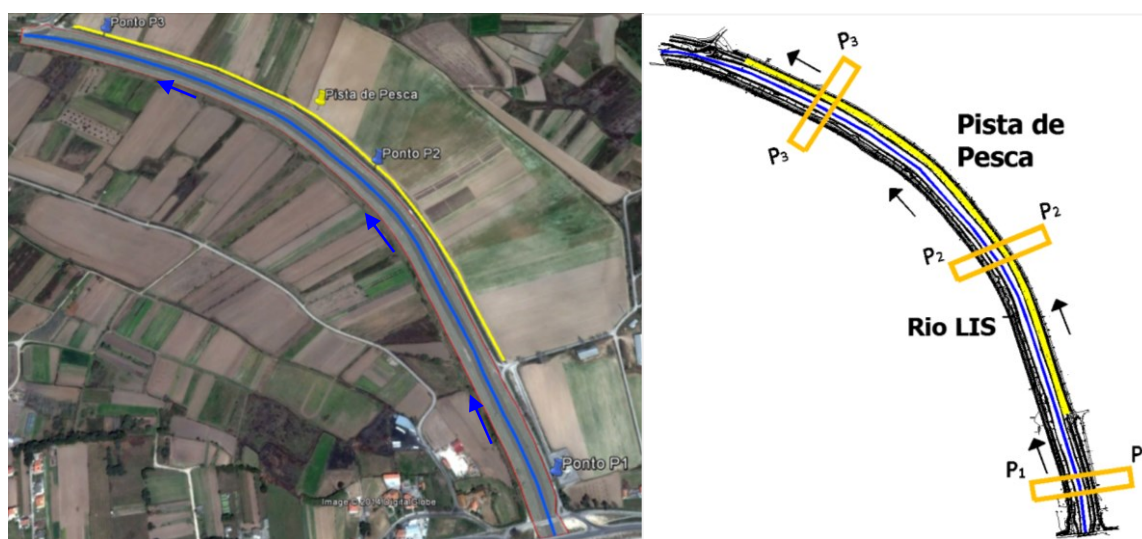


Figura 56 – Delimitação da zona de estudo: Rio Lis

O curso de água apresenta uma largura que varia entre os 23 m e 25 m e um declive longitudinal suave. A geometria e o material das margens são praticamente constantes ao longo de toda a zona percorrida, em resultado da regularização do curso de água (MOPC, 1945): as margens apresentam uma altura média entre 5 m e 5,5 m com ângulos dos taludes que variam entre os 60° e 90°. O material da margem esquerda é composto por uma elevada percentagem de argila e silte, sendo a camada superficial composta por material composto, enquanto, a margem direita é composta por material granular/arenoso. Ao longo de toda a margem direita existe uma estrada de acesso à freguesia da Carreira, concelho de Leiria (Figura 57).

Ao longo do percurso da área em estudo destaca-se a inexistência da galeria ribeirinha nas duas margens e frequentes focos de grandes dimensões de canas (*Arundo donax*), dispersos ao longo das margens. A cobertura de gramíneas representa mosaicos contínuos na margem, principalmente de avia-barbada (*Avena barbata*) e, com menor cobertura, de cevada-dos-ratos (*Hordeum murinum*) (Figura 58) (Maia *et al.*, 2013).



Figura 57 – Rio Lis (Carreira) – Fotografias 1 e 2 - Vista de montante do Ponto P1

A erosão das margens está muito concentrada no extradorso do meandro, de forma contínua, ao longo de toda a curva. O talvegue situa-se muito próximo da margem esquerda, agravando os problemas de instabilidade dos taludes dessa margem (Figura 58).



Figura 58 – Erosões das margens no troço de rio em estudo: Rio Lis (Carreira): Fotografia 1 - Margem direita no ponto de amostragem (P1); Fotografia 2 – Vista de Jusante no ponto de amostragem (P2); e Fotografia 3 – Margem esquerda no ponto de amostragem (P3)

7.2.4. Caracterização geral e do troço em estudo: Rio Arunca (Pombal)

O rio Arunca nasce na freguesia de Albergaria dos Doze, no concelho de Pombal e a confluência com o rio Mondego faz-se na margem esquerda deste, próximo de Montemor-o-Velho, totalizando uma extensão de cerca de 56 km (Figura 59).

A bacia hidrográfica do rio Arunca (BHAr) é uma sub-bacia pertencente à bacia hidrográfica do rio Mondego, situada na região Centro de Portugal, inserindo-se na unidade do baixo Mondego. Apresenta uma área aproximada de 562 km² e um perímetro de 140 km. Os limites da BHAr são: a Este pelas bacias dos rios Ega (afluente do rio Mondego) e Nabão (afluente do rio Tejo), a Sul pela bacia da ribeira dos Milagres (afluente do rio Lis) e a Oeste pela bacia do rio Pranto (afluente do rio Mondego).

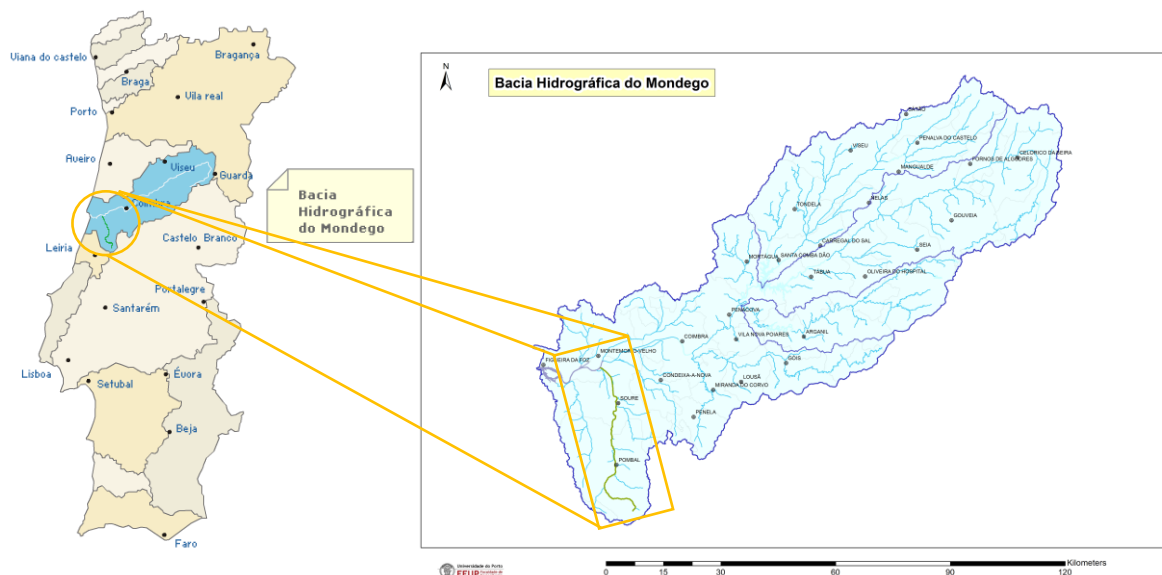


Figura 59 – Localização do caso de estudo: Rio Arunca (Bacia Hidrográfica do rio Mondego)

O curso do rio Arunca apresenta um fraco declive em virtude de grande parte do seu percurso se fazer sobre a planície aluvial (constituída, essencialmente, por cascalheiras, areias e lodos). O ponto mais alto deste rio situa-se a uma altitude de 309 m e o ponto de menor cota é de aproximadamente 3 m e situa-se na confluência com o rio Mondego, perto de Alfarelos, Montemor-o-Velho (PGBH-RH4, 2011).

No que diz respeito à geologia, a área da BHAr compreende duas unidades principais: formações sedimentares detríticas essencialmente terciárias e rochas carbonatadas de idade principalmente jurássica. A primeira ocupa quase por completo os setores Norte e Oeste da BHAr. A segunda unidade referida localiza-se no setor Oriental da bacia e é representada pelo maciço calcário da Serra de Sícó, de idade jurássica, onde o relevo é mais vigoroso.

O clima da BHAr é marcado pela influência mediterrânea e atlântica, podendo ser considerado como um clima mediterrâneo com influência oceânica, com Verões quentes e Invernos de temperaturas amenas. A influência atlântica manifesta-se mais marcadamente no Inverno, nas superfícies frontais oriundas de Oeste, responsáveis pela maior parte da precipitação que ocorre na área da bacia. A influência orográfica é um fator chave na génese e distribuição das precipitações, sendo a precipitação média anual ponderada da BHAr de 965 mm (PGBH-RH4, 2011).

Entre as principais tipologias de uso do solo das margens presentes na BHAr demarcam-se as áreas agrícolas com culturas anuais (42.9% da área da BHAr) e os espaços florestais (33.9% da área da BHAr). As zonas húmidas, nas quais se inclui o arrozal, ocupam apenas cerca de 2,1%. Os espaços de maior impermeabilização ocupam áreas modestas no contexto da BHAr – espaços urbanos (1,2%) e espaços industriais/comerciais e de infraestruturas (1,3%).

7.2.4.1. ZONA DE ESTUDO

O troço de rio Arunca analisado situa-se na zona urbana do concelho de Pombal, paralelo à ecopista, com uma extensão aproximada de 0.85 km e três pontos de amostragem – P1, P2 e P3 (Figura 60).

Trata-se de um traçado tipicamente urbano – regularizado, com a existência de mota na margem direita e uma ecopista (pedonal e ciclável) na margem esquerda. O canal apresenta uma largura média de 10 m e uma altura das margens que varia entre 2.5 m e os 3.5 m, com uma inclinação próxima dos 60°. O material das margens encontra-se disposto de forma homogénea, apresentando uma mistura granular de seixos de dimensão média e uma camada superficial composta maioritariamente por material fino: argilas e siltes contendo uma grande percentagem de matéria orgânica.

Dado o elevado número de situações de cheias verificadas nos últimos anos neste troço, toda a zona se encontra bastante vulnerável aos processos erosivos por ação do escoamento. Nesse sentido, a Câmara Municipal de Pombal (CMP) no uso das suas competências e responsabilidade da gestão do domínio público hídrico desenvolveu para este troço de rio, um projeto de requalificação das margens e construção de micro-açudes para valorização de *habitat*. A intervenção foi realizada em setembro de 2014.

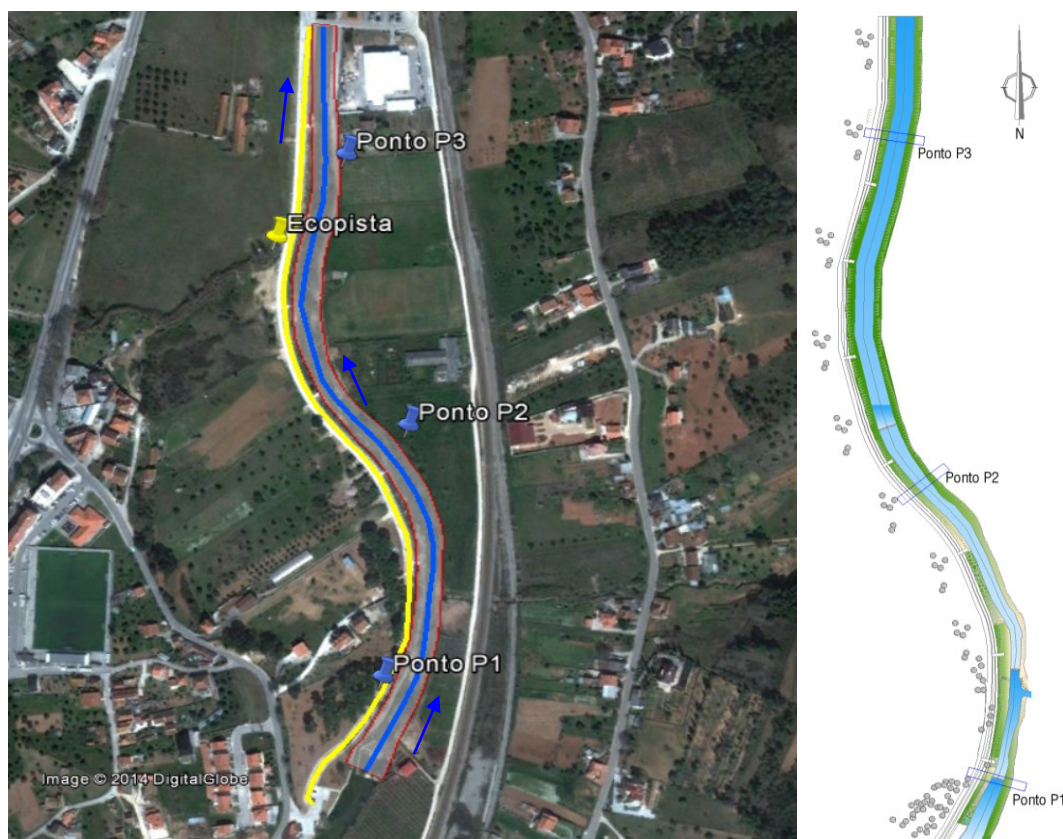


Figura 60 - Zona de estudo: troço de rio na cidade de Pombal (Ecopista assinalada na linha amarela)

De um modo geral, as margens deste troço são ocupadas por áreas ajardinadas com vegetação ornamental, pontualmente ribeirinha de choupos negros, freixos e amieiros. No entanto, verificou-se, também, a presença da espécie exótica – cana (*Arundo donax*), que foi alvo de corte e arranque dos rizomas na intervenção mencionada anteriormente. Tal situação, deixou as margens deste troço de rio mais vulneráveis à erosão, uma vez que esse tipo de vegetação funcionava como ancoragem e proteção da margem devido à elevada capacidade radicular dos rizomas (Figura 61). A intervenção de estabilização das margens incidiu apenas na área da margem junto à construção dos micro-açudes, como reforço à variação das condições hidráulicas do canal de escoamento nessas zonas.



Figura 61 – Rio Arunca (Fotografia 1 – Vista de montante da margem direita; Fotografia 2 – Vista de montante da margem esquerda)

7.3. Casos de estudo: Monitorização de intervenções em margens fluviais

Para análise dos casos de estudo alvo de monitorização do desempenho temporal observado das soluções técnicas implementadas foi utilizada a ficha de dados de campo (Anexo 7), de acordo com a metodologia proposta no Capítulo 6. Para cada caso de estudo, foram realizadas várias visitas de campo com o objetivo de caracterizar e entender o comportamento temporal das intervenções realizadas. Apresenta-se neste subcapítulo uma caracterização geral de cada um desses casos de estudo.

7.3.1. Rio Lima (Viana do Castelo)

O rio Lima é um rio Luso-Espanhol que atravessa toda a região do Minho - Portugal. Integra a bacia hidrográfica internacional mais pequena do nosso país. Nasce na serra de S. Mamede, região da Galiza, em Espanha, a cerca de 950 m de altitude e desagua em Viana do Castelo. Dos cerca de 108 km de extensão, 67 km localizam-se em território nacional. A sub-bacia do rio Lima ocupa uma área de cerca de 2470 km², dos quais cerca de 1140 km² (46%) em território português. A parte portuguesa é limitada a norte pelas sub-bacias do rio Minho, a leste pela bacia hidrográfica do Douro e a sul pelas sub-bacias dos rios Cávado e Neiva, sendo os principais afluentes, em Portugal, os rios Estorãos, Trovela, Vez, Vade e Castro Laboreiro (Figura 62).

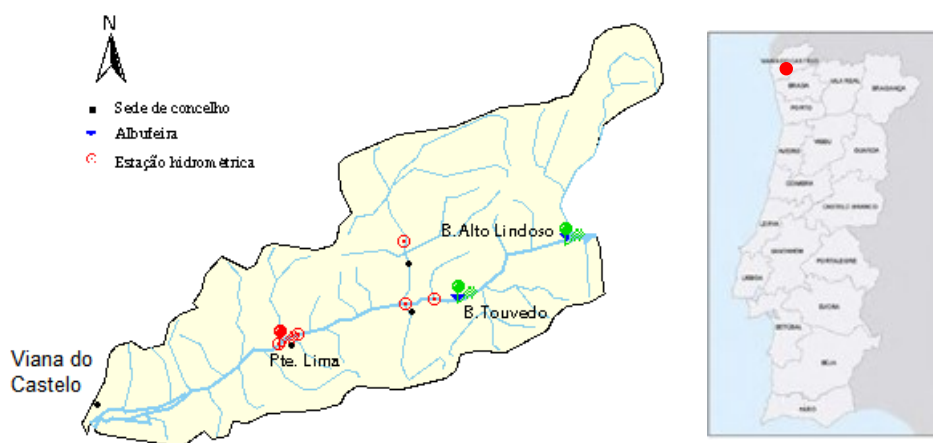


Figura 62 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio Lima em território nacional

A bacia hidrográfica do rio Lima (BHLima) abrange, parcialmente, 12 concelhos: Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Montalegre, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Terras de Bouro, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira e Vila Verde.

A altitude média é de 447 metros onde os sectores mais elevados correspondem à Serra da Peneda a Norte e à Serra Amarela a Sul com 1416 m e 1361 m de altitude, respetivamente. O escoamento anual na foz do rio Lima é, em média, de 3298 hm³, correspondendo a 1598 hm³ proveniente de Portugal e o restante de Espanha. Estima-se que a BHLima, em território nacional, apresenta uma capacidade total de armazenamento de recursos hídricos na ordem dos 400 hm³, em regime regularizado. É a bacia portuguesa que dispõe de mais recursos superficiais anuais médios por unidade de área (PGRH-RH1, 2012).

Em termos climáticos, a BHLima apresenta um clima temperado (mesotérmico), com estações de Verão e Inverno bem definidas. É constituída por unidades geológicas do Maciço Hespérico, o segmento Ibérico da cadeia hercínica, tendo como característica marcante a oposição entre relevos elevados, que culminam em planaltos descontínuos preservados no topo de blocos individualizados entre vales profundos mas largos e de fundo aplanado, que desenham um reticulado rígido sugerindo um controlo geomorfológico pela rede de fracturação (PGBH-RH1, 2012). De acordo com a natureza do material podem distinguir-se três domínios principais (PGBH-RH1, 2012):

- Domínio ocidental (faixa litoral) – constituído por granitóides e por rochas metassedimentares muito fracturadas, quer do “Complexo Xisto – Grauváquico” (CXG) – migmatitos, gnaisses e micaxistos, possivelmente de idade câmbrica inferior; quer de rochas quartzíticas e xistentas do Paleozóico inferior;
- Domínio central - formado por uma faixa de rochas metassedimentares (Unidade do Minho Central e Ocidental), de idade paleozóica inferior, que contacta com os granitos da extensa mancha do Minho (região de Ponte da Barca);
- Domínio oriental - caracterizado em parte pela grande mancha granítica do Minho, com granitóides de natureza variada (granitos de duas micas e/ou biotíticos, gnaisses emigmatitos).

A Norte da Barragem do Alto Lindoso (ver Figura 62) ocorre uma faixa, de orientação NNW-SSE, de rochas xistentas de idade silúrica.

No que diz respeito ao uso do solo e, tendo por base a cartografia da Corine Land Cover 2006 (salvaguardando-se que, embora se designe por “usos atuais”, se tem presente que os dados já remontam há nove anos), predominam as áreas florestais, seguindo-se as áreas agrícolas ou agro-florestais; regista-se, entretanto, um crescimento dos territórios artificializados quando comparado com os dados do Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lima em 2002.

Os principais fatores de ameaça do rio Lima são: a poluição difusa de origem agrícola e a elevada suscetibilidade à erosão fluvial, nomeadamente do leito e das margens, como resultado de alteração da dinâmica fluvial, consequência da falta de reposição sedimentológica devido ao sistema de barragens Lindoso-Touvedo e às excessivas extrações de inertes realizadas no passado.

7.3.1.1. ZONA DE ESTUDO

A zona analisada neste estudo corresponde a dois troços localizados no baixo estuário do rio Lima, designadamente de montante para jusante, Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo. Caracteriza-se por uma zona ampla e pouco profunda, com extensas áreas protegidas e de lazer, em ambas as margens do canal principal, que ficam a descoberto na baixa-mar (Figura 63).

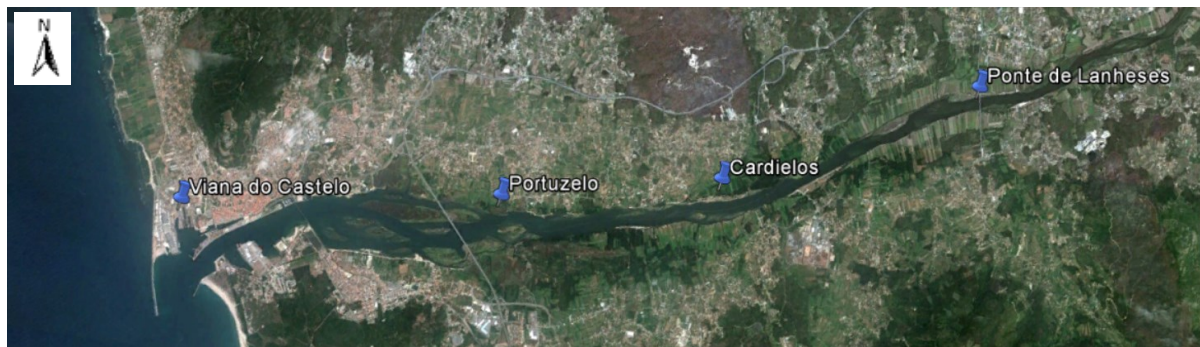


Figura 63 – Localização da zona de estudo, com indicação pontos alvo de monitorização: Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo e pontos de referência: Viana do Castelo (a jusante) e Ponte de Lanhese (a montante)

Numa iniciativa da Câmara Municipal de Viana do Castelo, em colaboração com a Administração da Região Hidrográfica do Norte (ARH-Norte) foram lançados, em 2010 e 2011, dois projetos-piloto para a proteção da margem direita do rio Lima contra a erosão e valorização paisagística e ambiental das zonas adjacentes (Cortes *et al.*, 2010, 2011). Esses projetos contemplaram as zonas de Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo onde foram utilizados novos materiais e tecnologias mais ecológicas, com realce para soluções técnicas de engenharia natural.

7.3.1.2. CARDIELOS

O troço de rio analisado situa-se, na freguesia de Cardielos, junto ao parque de lazer e antiga praia fluvial, com uma extensão total de 900 metros. A intervenção de que foi alvo esse troço dividiu-se em duas fases: i) ação emergente para contenção dos processos erosivos com a colocação de seis esporões triangulares; e, ii) ação de consolidação e valorização paisagística e ambiental com recurso a soluções técnicas de engenharia natural para potenciar processos de recuperação biofísica e assim, também, mitigar efeitos negativos ao nível paisagístico. Esta segunda fase, apesar de estar projetada para a extensão total de 900 metros apenas se encontra concluída nos 300 metros mais a jusante do troço em estudo, como evidencia a Figura 64.



Figura 64 – Localização da zona de estudo em Cardielos: Ação Emergente – 900 metros; Ação de consolidação e valorização paisagística e ambiental realizada – 300 metros.

A origem do problema de erosão das margens do rio Lima remonta ao ano de 1987 em que foi concedido um período de extração de inertes, por 3 anos, que se veio a revelar um atentado ambiental (PROCESL, 2005), desembocando no avanço galopante do rio sobre a terra. Aliada a esta situação, a construção das barragens de Alto-Lindoso e Touvedo (1992 e 1993, respetivamente), com elevada eficiência de retenção não permitem a reposição sedimentológica necessária para que se mantenha um equilíbrio dinâmico.

O projeto de requalificação das margens do rio Lima – Cardielos, desenvolvido no ano de 2010 apresentou como principais objetivos a consolidação das margens com especial incidência na alteração da hidrodinâmica adjacente, procurando evitar a erosão progressiva da margem com a fragilização de todo o talude. Por forma a minimizar as incidências negativas, do ponto de vista paisagístico, com a aplicação de determinadas soluções técnicas tradicionais de engenharia civil, foram aplicadas diversas soluções técnicas associadas com a engenharia natural. Nesse sentido, pretendeu-se diminuir os fenómenos erosivos, quer devidos ao efeito das marés, quer dos períodos de cheia, assim como mitigar os impactos ecológicos e paisagísticos associados à intervenção (Cortes *et al.*, 2010). Destacam-se as estruturas aplicadas:

- Colocação de esporões constituídos por blocos de granito com diâmetro médio (0.50 m - 0.80 m) dispostos em duas ou três camadas, apresentando uma forma triangular. A altura total do esporão varia entre 1.5 m – 1.9 m, sendo o núcleo central, bem como os remates superior e laterais constituídos por blocos com dimensões de 0.20 m-0.30 m;
- Construção de defletores com encaixe no enrocamento e assentes sob geotêxtil sintético;
- Colocação de uma camada de enrocamento, sobre um geotêxtil sintético ao longo de todo o talude no contacto entre o terreno e o material inerte de enchimento, na base da margem. O enrocamento estende-se ao longo de cerca de 3m da margem e é constituído por blocos angulosos de granito de (0.50 m - 0.80 m), com uma base aproximada de 1m de profundidade;
- Colocação de colchões reno com um comprimento de 8 m e altura aproximadamente de 0.23 m; os colchões reno foram sobrepostos por uma camada de terra vegetal com cerca de 0.20 m de espessura, onde foi assente uma hidrossementeira;
- Aplicação de uma geomalha tridimensional, com uma fibra de coco;
- Aplicação de uma rede metálica revestida polivinil, com uma malha de abertura de 0.4*0.5 mm, ao longo de toda a superfície e diretamente sobre a hidrossementeira;
- Instalação de estacaria viva de salgueiros (*Salix salvifolia*) em compasso de 3*3 m e Juncos (*Juncus effusus*) em compasso de 1*1m;
- Colocação de biorolo constituído por um rolo de fibra de coco de elevada densidade estruturado numa rede de polipropileno vegetado;
- Aplicação de uma faxina para suporte do biorolo, formada por rolos de 0.30-0.40 m de diâmetro e mantidos em posição por estacaria vertical viva de estacas de salgueiro com 3 cm de diâmetro;
- Os limites da intervenção foram protegidos através de enrocamentos vegetados.

Através das visitas de campo realizadas nesta zona e, conforme confirmado por parte da Câmara Municipal de Viana do Castelo (CmVc), foi possível constatar a inexistência de ações de manutenção às estruturas de proteção de margens instaladas, razão pela qual algumas das soluções preconizadas não estão a ter os resultados expectáveis, como se poderá ver no capítulo 7 (Análise e discussão de resultados).

Reportam-se no Anexo 7.1, as secções transversais “*tipo*” da intervenção realizada na zona de Cardielos.

7.3.1.3. STA. MARTA DE PORTUZELO

O troço de rio analisado na freguesia de Sta. Marta de Portuzelo, localizado a jusante do troço de Cardielos, situa-se a montante da ponte rodoviária da A28 (Autoestrada) e junto a uma zona húmida

constituída por um sapal-juncal, a qual faz parte das áreas de interesse conservacionista inseridas na zona estuarina e, que justificam a sua inserção na Rede Natura 2000 (Figura 65).

A área de intervenção corresponde a uma extensão total de 100 metros, cujo principal objetivo foi a estabilização da margem direita, por forma a proteger o caminho existente ao longo da margem, a zona pertencente à rede Natura 2000 e, ainda, garantir a permanência de dois postes de linhas de alta tensão (REN).



Figura 65 – Localização da zona de estudo em Sta. Marta de Portuzelo: Postes de linhas de alta tensão identificados com dois círculos vermelhos

A intervenção na margem direita deste troço de rio resultou dos problemas já evidenciados no subcapítulo anterior (Cardielos): a extração de inertes que se verificou no passado, provocando a alteração da hidrodinâmica fluvial, assim como a redução do fornecimento de sedimentos devido às barragens de Alto-Lindoso e Touvedo.

A instabilidade das margens é, assim, a consequência dos impactes mencionados, o que deu lugar ao aprofundamento do leito e das margens, resultando no aumento da altura crítica das margens, levando ao seu colapso posterior (Cortes *et al.*, 2011). A principal prioridade da intervenção realizada foi a estabilização do talude marginal e propiciar a melhoria e diversidade dos habitats com recurso a técnicas de engenharia natural, mitigando o impacte paisagístico das intervenções.

Os trabalhos realizados englobaram (Cortes *et al.*, 2011):

- Colocação de uma camada de enrocamento na base da margem, sobre um geotêxtil sintético ao longo de todo o talude no contacto entre o terreno e o material inerte de enchimento. A colocação do enrocamento respeitou a inclinação de 1/1 (H/V), com uma largura de cerca de 2 m, sendo constituído por blocos de granito de 0.60 m – 0.80m, com uma base aproximada de 1 m de profundidade;

- A instalação de manta de geocélulas, formada por polietileno de alta densidade, igualmente assente sobre o geotêxtil. Este material é constituído por células do tipo EGA 20 com malha de 259*254 mm e uma altura de 150 mm. As respetivas células são preenchidas com uma mistura de brita (granulometria entre 25-50 mm);
- Aplicação de uma geomalha bidimensional com fibra de coco, ocupando no terreno uma faixa com 2.5m de largura, estando dispostas segundo um declive, mais moderado de 1.5/1 (H/V);
- Aplicação de rede metálica revestida polivinil com uma malha de abertura de 0.4*0.5 mm, ao longo de toda a superfície e diretamente sobre a manta de geocélulas e a geomalha bidimensional;
- Instalação de estacas de tamargueira (*Tamarix tamarix*) com uma densidade de 3 plantas/m² no talude da margem;
- Plantação de espécies de salgueiros (*Salix atrocinerea*; *Salix salviifolia*) no topo da margem, colocadas em linha e distanciadas de 6 m.

Através das visitas de campo realizadas nesta zona verificou-se que, de forma análoga à intervenção realizada em Cardielos não existiram ações de manutenção às estruturas de proteção de margens instaladas. Foi possível constatar que a plantação de espécies arbóreas no topo da margem não correspondeu ao designado em projeto, nomeadamente com a alteração de espécies de tília (*tilia cordata* ou a *tilia tomentosa*), Lírios (*Liriodendrum tulipífera*), ou castanheiro-da-índia (*Hipocastaneum aesculatum*) por espécies de salgueiro (*Salix atrocinerea*; *Salix salviifolia*).

Reporta-se no anexo 7.2, a secção transversal “tipo” da intervenção realizada na zona de Sta. Marta de Portuzelo.

7.3.2. Ribeira da Granja (Porto)

A bacia hidrográfica da ribeira da Granja situa-se em plena zona urbana do concelho do Porto, com uma área aproximada de 10,42 km² e perímetro de 18.69 km, abrangendo essencialmente seis freguesias: Lordelo do Ouro, Ramalde, Paranhos, Massarelos, Cedofeita, e Santo Ildefonso.

Forma-se pela junção de vários ramos, dos quais dois têm origem no concelho de Matosinhos, um outro nasce na zona de Santa Luzia, na cidade do Porto e um quarto percorre uma parte paralela à estrada da circunvalação, também, no Porto. Desagua no estuário do Douro, muito perto da Foz (Figura 66). No Município do Porto, a rede hidrográfica total da ribeira da Granja estende-se ao longo de 14,73 km, estimando-se que cerca de 80% da extensão total esteja entubada (AdP, 2011).

O tecido urbano contínuo e descontínuo ocupa praticamente a totalidade da área da bacia hidrográfica desta ribeira (cerca de 84%), existindo ainda ocupação por indústria, comércio e equipamentos (10%), sendo os espaços verdes urbanos juntamente com a agricultura e espaços naturais a parcela mais pequena (6%).

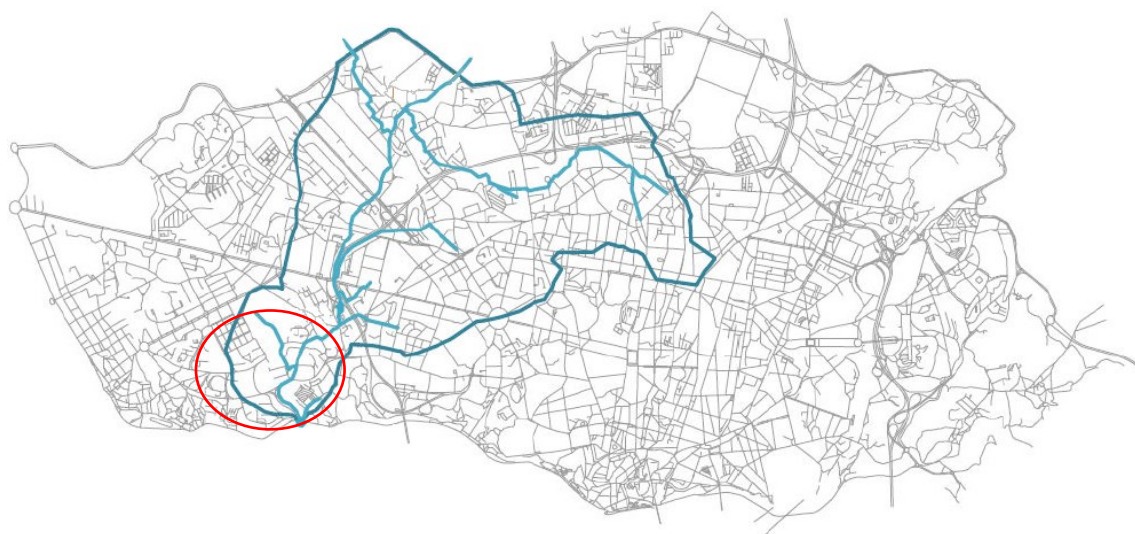


Figura 66 – Localização da bacia hidrográfica da ribeira da Granja no concelho do Porto. As zonas de estudo – troços da Quinta do Rio e do Viso – encontram-se identificados com o círculo a vermelho (adaptado de AdP, 2011).

De acordo, com a caracterização da ocupação do solo, a ribeira da Granja atravessa essencialmente áreas urbanas que têm sido progressivamente impermeabilizadas e, que em conjunto com grande parte da sua extensão estar entubada, contribuem para a redução da infiltração das águas no solo, para a diminuição dos tempos de concentração e aumento do caudal em ponta de cheia, agravando desta forma a ocorrência de inundações.

Os principais fatores de ameaça da ribeira da granja são: a elevada suscetibilidade à erosão fluvial nos troços a céu aberto, como resultado dos frequentes e gravosos episódios de inundações registados, a presença de resíduos domésticos e as descargas de águas pluviais e de águas residuais domésticas e industriais.

7.3.2.1. ZONA DE ESTUDO

A zona analisada neste estudo corresponde a dois troços da ribeira da Granja localizados na freguesia de Ramalde, no concelho do Porto, designadamente de montante para jusante, Quinta do Rio e Viso. Caracteriza-se por uma zona com espaços públicos, circuitos pedonais e ciclovias ao longo da ribeira (Figura 67).

No âmbito dos programas “Porto, Cidade Sensível à Água” e “Ribeiras do Porto”, desenvolvidos em parceria pelas Águas do Porto e Município do Porto, que envolve planos de despoluição das Ribeiras do Porto, do Estuário do Rio Douro e da Orla Costeira, foram intervencionados, no ano de 2010 e 2011, os dois troços acima referidos. Os projetos desenvolvidos tinham como principais objetivos a reabilitação do leito e margens do troço da ribeira a céu aberto (Viso) e o desentubamento e reperfilamento do seu traçado (Quinta do rio), devolvendo as linhas de água à população e ao meio ambiente (AdP, 2011).

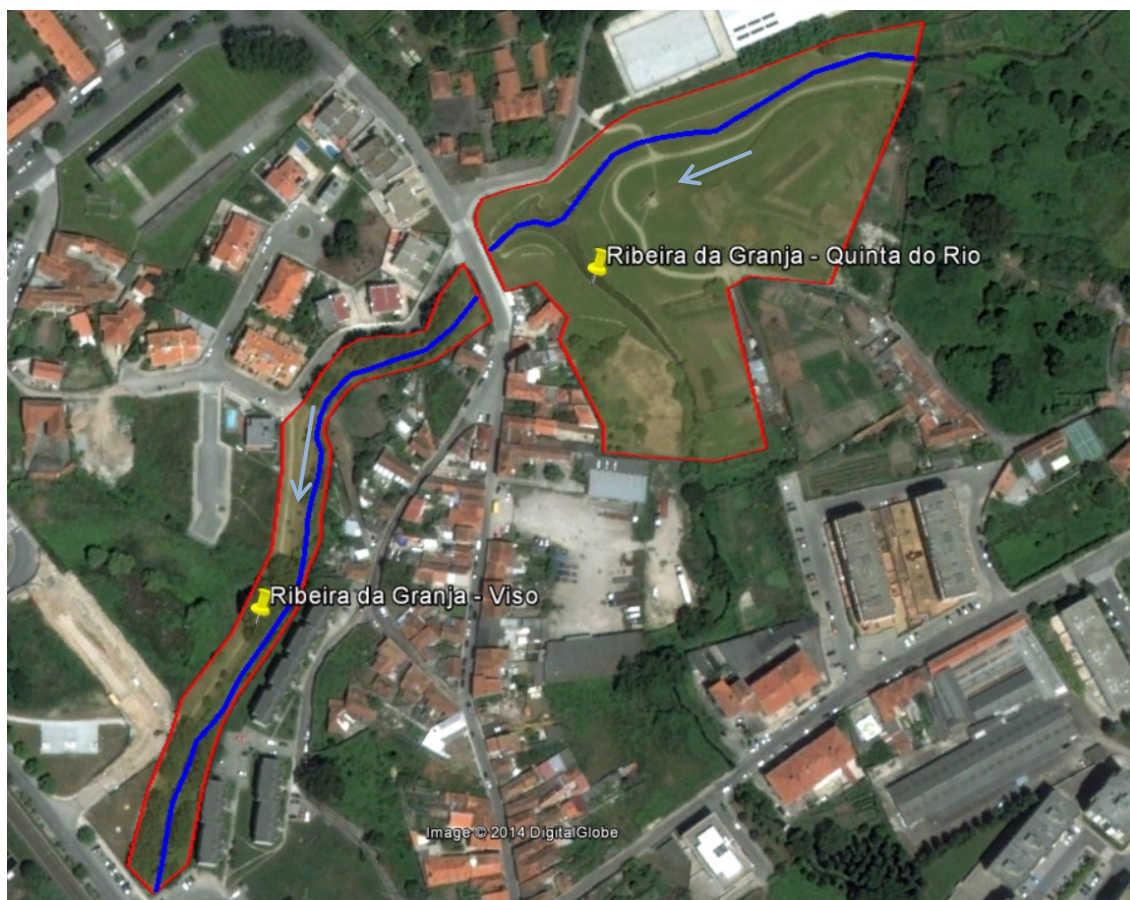


Figura 67 – Localização das zonas de estudo na ribeira da Granja: Quinta do Rio (troço a montante) e Viso (troço a jusante)

As intervenções foram realizadas em duas fases. A primeira intervenção (Fase 1) foi realizada, no ano de 2010, ao abrigo do cofinanciamento do Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos (FPRH) - intitulada “Reabilitação das Ribeiras do Porto – Troço das Ribeiras da Granja e da Asprela” -, que abrangeu o troço do Viso da ribeira da Granja (troço a jusante) e um troço-piloto na ribeira da Asprela com uma extensão de 52m, não abordado neste trabalho.

O troço do Viso da ribeira da Granja tem uma extensão de 340m e é considerado como um espaço público com as características de uma linha de água canalizada, uma vez que as urbanizações restringiram a largura do leito ($< 2\text{m}$) e definiram as suas margens, deixadas ao abandono e fortemente alteradas devido à ação antrópica. Com efeito, as intervenções realizadas foram essencialmente de limpeza e desobstrução do leito e margens, a estabilização das margens e a plantação de espécies autóctones ribeirinhas. As soluções técnicas de estabilização de margens utilizadas foram (AdP, 2010):

- Enrocamento vivo;
- Muro de suporte vivo (*cribwall*);

- Faxinas vivas;
- Estacaria viva;
- Biorolo vegetado.

Através das visitas de campo realizadas nesta zona foi possível constatar a consolidação da margem esquerda e direita, onde foram construídas as estruturas de enrocamento vivo e o muro de suporte vivo, respetivamente; na margem esquerda, onde foi construída a estrutura de faxinas vivas verificou-se que esta se mantinha vulnerável aos processos erosivos, com grande parte da sua área com erosão elevada. A inexistência de ações de manutenção poderá ser um dos motivos para que algumas das soluções técnicas implementadas não estejam a apresentar os resultados expectáveis, como se poderá ver no capítulo 8 (Análise e discussão de resultados).

A intervenção realizada no troço da Quinta do Rio com uma extensão de 230m (troço a montante) (Fase 2) teve como objetivo principal promover o aumento da conectividade na ribeira da Granja, com o desentubamento e requalificação do leito e margens.

O projeto desenvolvido pretendeu valorizar as funções de proteção, controlo de cheias e prevenção de riscos ambientais, por forma a garantir as boas condições de escoamento de água e sedimentos em situações normais e extremas. Foram adotadas soluções técnicas inovadoras na estabilização de margens, nomeadamente de engenharia natural em meio marcadamente urbano, tendo em vista a minimização e compensação de impactes em áreas de elevada densidade populacional, por via da valorização e funcionalidade dos sistemas naturais e da viabilização da sua conectividade.

As soluções técnicas de estabilização de margens utilizadas foram (AdP, 2011):

- Enrocamento vivo;
- Muros em alvenaria de pedra;
- Sementeira;
- Hidrossementeira.

As visitas de campo permitiram aferir do estado de conservação das margens intervencionadas, apontando as melhorias na renaturalização e estabilização de toda a área envolvente. Os materiais utilizados nas estruturas implementadas foram provenientes da região.

Foi possível comprovar a perfeita integração paisagística entre a intervenção de estabilização das margens e a melhoria do espaço público, com a criação dos percursos pedonais e cicláveis. Estes projetos tiveram uma forte componente de sensibilização, na temática das ribeiras na cidade do Porto, assegurada pelo Centro de Educação Ambiental do Parque da Pasteleira – Porto e pelo Projeto Rios com o envolvimento da comunidade estudantil da escola do Viso com ações de plantação de espécies arbóreas autóctones.

7.3.3. Ribeira de Odelouca (Odelouca - Silves)

A ribeira de Odelouca nasce a 509m de altitude na serra do Caldeirão (Barlavento Algarvio), percorrendo uma extensão de 83km até desaguar no rio Arade, no concelho de Portimão, orientando-se segundo a direção E-W. A sua bacia hidrográfica apresenta uma forma alongada e compreende uma área total de aproximadamente 520 km² (Nemus, 2007) (Figura 68).

O seu percurso integra a barragem de Odelouca (albufeira de águas públicas que constitui um importante reservatório de água para abastecimento público da região do Algarve). A albufeira da barragem de Odelouca localiza-se nos concelhos de Monchique e Silves, dispondo de uma capacidade total de armazenamento de 157 hm³ e de uma superfície inundável de cerca de 747 ha, ao nível do pleno armazenamento (NPA — 100,5 m).

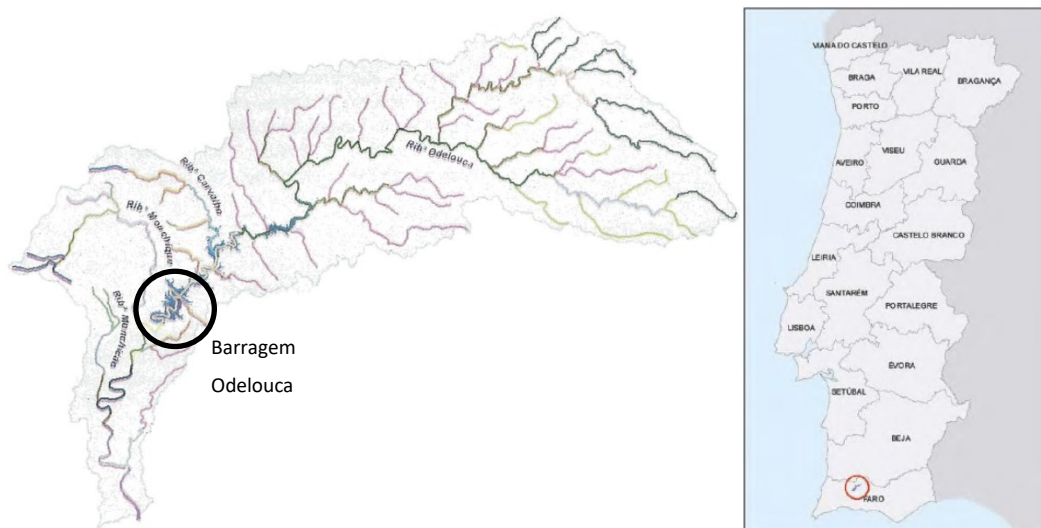


Figura 68 – Localização da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Odelouca.

A ribeira de Odelouca desenvolve-se num vale relativamente encaixado, com leitos de cheia que apresentam desenvolvimentos laterais que variam entre os 20 m e os 200 m, sendo o escoamento classificado como intermitente, ou seja, escoia durante as estações húmidas e seca nas estações de estiagem. O declive médio da ribeira é relativamente suave, na ordem dos 0.9 %, apresentando um traçado com sinuosidade moderada.

Em termos climáticos apresenta um clima tipicamente mediterrâneo, com duas estações evidentes, uma estação quente e seca (Verão) e uma estação fria e húmida (Inverno). A forte influência mediterrânica no clima da região é ainda evidenciada pela concentração da precipitação nos meses de Inverno, por temperaturas do ar elevadas durante o Verão, um regime de ventos fracos a moderados e uma elevada evaporação. Para o clima da região onde se insere a área de estudo influem também fatores regionais e locais, como a sua posição geográfica no interior Algarvio, com

fraca influência atlântica. Por outro lado, a presença a Oeste da serra de Monchique proporciona o clima húmido que ali se faz sentir.

Geologicamente, a bacia hidrográfica localiza-se no Maciço Antigo (também designado Maciço Hespérico). De acordo com a natureza do material podem distinguir-se três grandes séries: (1) rochas metassedimentares (grauvaques); (2) metamórficas (xistos, micaxistos e mármore); e (3) sedimentares (calcários, siltitos, pelitos) e eruptivas (dioritos, gabros, pórfiros e granitos), com idades compreendidas entre o Precâmbrico e o final do Paleozóico (Nemus, 2007).

Em relação ao uso do solo pode-se ter uma visão da ocupação natural, cujo elemento mais importante é a área florestal e de vegetação arbustiva ou herbácea, sendo reduzida em termos relativos a parcela de solos agricultados, estes principalmente com culturas de regadio e sequeiro, às quais se associam pomares (citrinos), alguma vinha e montados (Nemus, 2007).

Os principais fatores de ameaça da ribeira são: a poluição difusa de origem agrícola; a poluição da água provocada por efluentes de suiniculturas; corte de vegetação ripícola e a própria construção da barragem que provocou fortes alterações na dinâmica fluvial da ribeira e aumentou o potencial risco de erosão das margens no curso de água a jusante da albufeira de Odelouca.

A bacia hidrográfica está localizada em sítio da Rede Natura 2000 / REN / RAN - áreas de elevada sensibilidade ecológica que têm como principal vocação a Conservação da Natureza, sendo desejável a gestão do território no sentido da regeneração dos habitats degradados, valorização e manutenção em bom estado de conservação dos habitats e espécies listados nos anexos I e II da Diretiva Habitats (Diretiva 92/43/CEE).

7.3.3.1. ZONA DE ESTUDO

A zona analisada neste estudo localiza-se a jusante da barragem de Odelouca numa extensão de aproximadamente 10 km (Figura 69). Este troço de ribeira foi selecionado, tendo em conta as intervenções de estabilização de margens realizadas no ano de 2012. As intervenções efetuadas tiveram como objetivo controlar os processos erosivos nas margens, em resultado da construção da barragem e enquadraram-se no subprograma de compensação de impactes e valorização das galerias ribeirinhas e corredores fluviais na bacia hidrográfica da ribeira de Odelouca (Nemus, 2007; Águas do Algarve, 2011; Cortes *et al.*, 2013).

As ações realizadas tinham como objetivos:

- Controlar a erosão fluvial, com prevalência em medidas pouco impactantes e potenciadoras da recuperação dos habitats;
- Reabilitar a cortina ripária;
- Reduzir as espécies vegetais exóticas invasoras (especialmente canavial - *Arundo donax*) no corredor ribeirinho;

- Melhorar as condições habitacionais no canal fluvial para as espécies piscícolas autóctones em especial para o escalo-do-Arade (*Squalius aradensis*);
- Definir um plano de monitorização adequado às intervenções realizadas.

No âmbito do presente estudo foram analisados três troços correspondentes às intervenções de estabilização de margens fluviais, nomeadamente os troços identificados na figura 69.

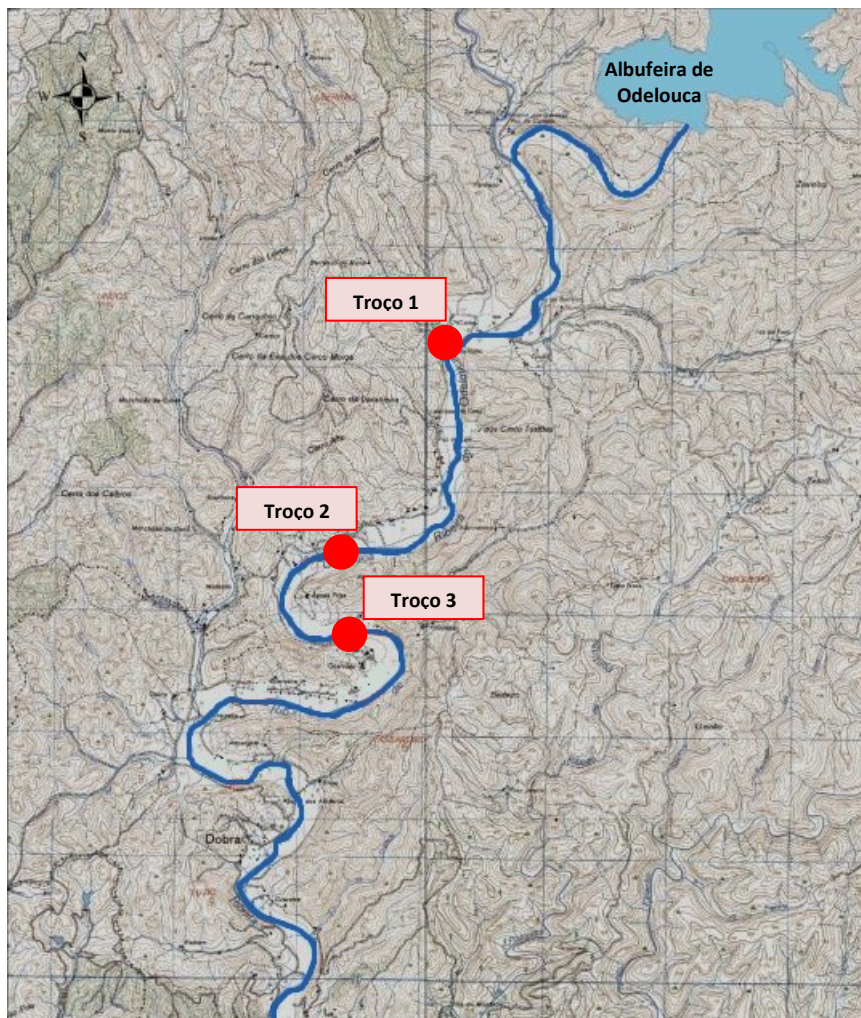



Figura 69 – Localização da zona de estudo, com indicação a vermelho dos pontos alvo de monitorização na ribeira de Odelouca (sentido: montante – jusante) (adaptado de Cortes *et al.*, 2013)

Apresenta-se no Quadro 33, para cada troço da ribeira alvo de monitorização, um resumo com a caracterização da intervenção e a identificação dos principais problemas detetados nas visitas de campo realizadas, em julho de 2014 e junho de 2016. Adicionalmente, ilustram-se imagens de cada local intervencionado. De acordo com a informação disponível (Águas do Algarve, 2011; Cortes *et al.*, 2013), a vegetação utilizada em todas as intervenções realizadas proveio da desmatção da área da albufeira da barragem de Odelouca. Dessa forma, foi garantida a utilização exclusiva de vegetação autóctone em todas as intervenções de estabilização de margens realizadas.

Quadro 33 – Quadro-resumo dos troços alvo de monitorização na ribeira de Odelouca no âmbito da estabilização de margens à data da visita de campo realizada em Junho 2016.

TROÇO 1	
Coordenadas: 37°16'15.80"N / 8°29'27.44"W	Extensão: 235 Metros
Caracterização da Intervenção (ARH-Algarve, 2011): Intervenção contínua na margem direita com aplicação de duas fiadas de gabião vivo (com estacas vivas de salgueiro entre as fiadas) assentes sobre tela sintética. Enchimento do talude atrás do gabião com solo e cobertura da parte superior com manta orgânica e terra vegetal para aplicação de estacas vivas de salgueiro (espaçadas 1,5m x 1,5m).	
Problemas/Disfunções detetados na visita de campo (julho 2014): As estacas vivas colocadas nos interstícios dos muros de gabião apresentam um bom resultado. Por outro lado, as estacas vivas aplicadas no talude não vingaram tal como se expectava. Verificaram-se alguns focos pontuais de espécies de vegetação exótica (canas – <i>Arundo donax</i>).	
Fotografias: 	
Vista de Jusante	Vista de Frente
TROÇO 2	
Coordenadas: 37°15'16.99"N / 8°30'12.88"W	Extensão: 330 Metros
Caracterização da Intervenção (ARH-Algarve, 2011): Intervenção na margem direita com aplicação de manta orgânica e geomalha bidimensional, num comprimento aproximado de 330m e com plantação de espécies de tamargueira intercaladas com sanguinho ou loendro (espaçadas 1,5m x 1,5m). Aplicação no topo do talude de uma fiada de freixos, espaçados a 2m. Aplicação de enrocamento vivo na base da margem em toda a extensão do troço (com estacas vivas de salgueiro ou tamargueira espaçadas 1m). A base da manta foi protegida por um enrocamento, retirado do próprio talude através de despedrega. Esta retirada de material inerte permitiu a introdução da estacaria (com furos a serem realizados por broca), no compasso definido ao longo do talude, não sendo necessária a cobertura com terra vegetal.	
Problemas/Disfunções detetados na visita de campo (julho 2014): Estacaria viva pouco desenvolvida. Presença de animais de pastoreio que interferem no desenvolvimento da vegetação aplicada.	
Fotografias: 	
Vista de Jusante	Vista de Jusante

TROÇO 3	
Coordenadas: 37°14'58.41"N / 8°29'59.74"W	Extensão: 240 Metros
Caracterização da Intervenção (ARH-Algarve, 2011): Intervenção contínua na margem esquerda com aplicação de manta orgânica anti-erva e geomalha bidimensional para selagem do solo contendo rizomas de canavial. Esta manta ocupa uma largura com cerca de 10 m em toda a extensão do troço intervencionado. Muro de suporte vivo (cribwall) colocado imediatamente sobre o enrocamento (2 a 3 camadas de troncos colocados de forma perpendicular com travamento e diâmetros entre os 10 cm e 30 cm) permitiu um reforço de sustentação do talude, assim como o reperfilamento para redução da inclinação, com terra vegetal do local. A colocação de estacaria viva teve em conta as espécies e compassos previamente preconizados (tamargueira, sanguinho, loendro e/ou salgueiro).	
Problemas/Disfunções detetados na visita de campo (julho 2014): As estacas colocadas nos interstícios do muro vivo apresentam um resultado fantástico, tornando impercetível os troncos de madeira. Por outro lado, apenas cerca de 60% das estacas de vegetação aplicadas na parte superior do talude se mantem.	
Fotografias: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> Talude Vista de Montante </div>	

Quadro 33 (Continuação) - Quadro-resumo dos troços alvo de monitorização na ribeira de Odelouca no âmbito da estabilização de margens à data da visita de campo realizada em julho 2014.

7.3.4. Ribeira de Algibre (Loulé)

A bacia hidrográfica da ribeira de Algibre situa-se em plena região central do Algarve (concelhos de Loulé e Albufeira). Compreende uma área com cerca de 140 km² e uma extensão aproximada de 33 km. Nasce na serra do Caldeirão a uma altitude de cerca de 411 m, seguindo de Este para Oeste, aproveitando o alinhamento da falha de Alportel, escoando até à confluência com a ribeira de Quarteira. A ribeira de Algibre possui uma multiplicidade de valores naturais, flora e fauna, normalmente dispersos, mas que aqui se concentram e que a tornam provavelmente no melhor representante do ecossistema designado como “Barrocal” Algarvio (Figura 70).

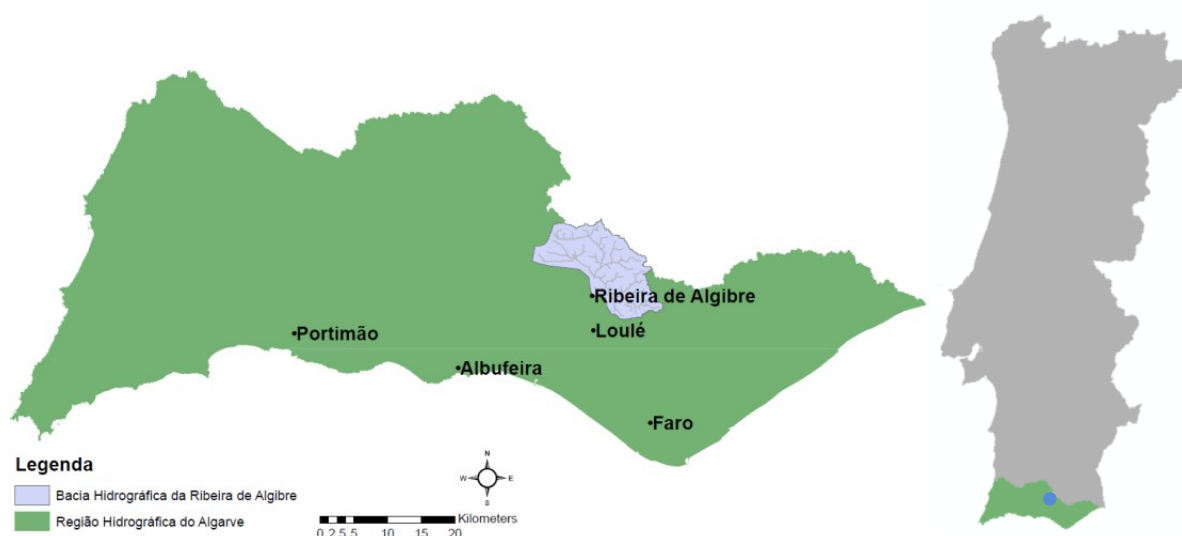


Figura 70 - Localização da bacia hidrográfica da ribeira de Algibre na região hidrográfica do Algarve (identificada a mancha azul) (adaptado de Silva, 2008)

A ribeira e as suas vertentes calcárias formam um conjunto indivisível de inter-relações múltiplas de dependência. O carácter das suas paisagens explica-se pela tipologia da geologia (sobretudo calcária, mas também com zonas argilosas) do terreno, e pela ação combinada das duas principais influências climáticas, atlântica e mediterrânica. Os verões não são quentes e os invernos são amenos e húmidos (Carapeto, 2006).

A ribeira de Algibre, apesar de ser um curso de água de pequenas dimensões (33 km de extensão com 7-10m de largura), está sujeito a cheias consideráveis, em resultado de precipitações repentinas e inesperadas, que determinam condições de risco hidráulico (inundações) e uma ameaça às atividades humanas, particularmente, nos centros habitados da zona, assim como em vias de comunicação. Esta ribeira apresenta zonas de infiltrações importantes para o abastecimento do lençol aquífero com os consequentes riscos de contaminação. Existem ainda fenómenos de erosão superficial e de pequenos deslizamentos de encostas, dando lugar a situações de risco geomorfológico.

O escoamento anual caracteriza-se por corresponder a um regime marcadamente sazonal, alternando um semestre húmido, no qual a ribeira tem escoamento, e um semestre seco, onde o curso de água é praticamente seco. Os solos são pouco diversificados e podem agrupar-se em três tipos principais: (i) solos mediterrâneos vermelhos e amarelos de calcários duros e dolomitos (Vcd), que são solos praticamente isentos de carbonatos nos horizontes superiores, com baixa capacidade de drenagem, frequentemente de pequena profundidade e muito pedregosos (Kopp *et al.*, 1989); (ii) solos calcários vermelhos (Vc), que apresentam elevados teores de carbonatos nos horizontes superiores. Mais profundos e com melhor estrutura que os anteriores, foram muito aproveitados, ao longo dos séculos, para o cultivo dos tradicionais pomares de sequeiros algarvios, formados por amendoeiras, alfarrobeiras e figueiras (Kopp *et al.*, 1989); e, (iii) aluviossolos modernos de textura mediana, desenvolvidos a partir de deposição dos sedimentos aluvionais e cuja textura varia entre

franca e franca-argilosa, consoante a origem xistosa ou calcária. São solos profundos e bastante produtivos, que foram explorados intensivamente, o que se comprova pela ocupação destes terrenos com hortas e pomares.

A área da bacia hidrográfica apresenta um baixo índice de urbanização, encontrando-se algumas habitações dispersas e vias de comunicação. Predominam as áreas florestais, seguindo-se as áreas agrícolas ou agro-florestais, sendo quase a totalidade da área pertencente à rede Natura 2000.

7.3.4.1. ZONA DE ESTUDO

A zona analisada neste estudo corresponde a um troço com cerca de 80 m de extensão a jusante da Ponte de Tôr, freguesia de Querença no concelho de Loulé – Algarve (Figura 71).



Figura 71 – Localização da zona de estudo a jusante da Ponte de Tôr – Querença, Loulé.

Este troço de rio foi alvo de uma intervenção de estabilização do leito e da margem direita, no ano de 2006, no âmbito de um projeto internacional – PROGECO (Proteção do Território através da Engenharia Ecológica ao nível de uma Bacia Hidrográfica) – cujo objetivo principal foi testar, em diferentes meios da bacia mediterrânica, a eficácia e as potencialidades de utilização da engenharia natural na proteção de margens contra a erosão e na recuperação de habitats naturais (PROGECO, 2005). O projeto teve como parceiros: Ente Autónoma de Flumendosa, da Sardenha, Itália, Chefe de Fila; o Istituto Nazionale della Montagna, em Roma; Regione Umbria também em Itália; Universidade de Thessalie na Grécia; e dois parceiros portugueses: a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve (CCDR-Algarve) e o Centro de Estudos de Hidrossistemas do Instituto Superior Técnico (CEHIDRO-IST).

De acordo com a informação recolhida e disponível (PROGECO, 2005; Silva, 2008; Águas do Algarve, 2011; Fabião *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2012; Viriato, 2012;), a seleção deste troço da ribeira de Algibre para essa intervenção teve como principais motivações: (i) a elevada erosão da margem direita, colocando em risco à área adjacente utilizada para atividades recreativas e turísticas; (ii) a reconhecida sensibilidade ecológica do local, que integra uma área demarcada na rede Natura 2000; e, (iii) interesse e empenho da autarquia e juntas de freguesia demonstrado no apoio à elaboração do projeto e potencial para a posterior concretização das suas propostas (PROGECO, 2005).

A intervenção na margem direita contemplou: trabalhos de reperfilamento da margem e talude (2:3) (H/V); proteção da base da margem com muros de gabião, enrocamento, gabião cilíndrico (com aplicação de geotêxteis) e muro vivo (cribwall); e, na parte superior do talude, utilização da técnica de grade viva, com a aplicação de manta orgânica e plantações por estacaria viva (somente espécies autóctones – *Salix salvifolia*) (PROGECO, 2005).

Através da caracterização visual de campo realizada nesta zona (julho 2014) e, de confirmação por parte da Junta de Freguesia de Querença e da ARH Algarve foi possível confirmar a inexistência de ações de manutenção às estruturas de proteção de margens instaladas, razão pela qual a maioria das soluções técnicas implementadas já não se encontram a desempenhar qualquer função de proteção, como se poderá ver no capítulo 8 (Análise e Discussão de Resultados).

8. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

8.1. Introdução

A caracterização dos diferentes casos de estudo efetuada no Capítulo 7 traduz a abordagem convencional dos estudos de reabilitação fluvial, fornecendo, sob diferentes escalas espaciais (bacia hidrográfica e troço), informações sobre o estado atual dos troços de rios a analisar. Tomando por base a estrutura desenvolvida e descrita nesse capítulo, será feita uma análise e discussão de resultados de acordo com o disposto, efetuando-se no ponto 8.2, uma validação do método de caracterização do estado da margem e consequente processo de seleção de soluções técnicas de estabilização de margens. Para tal, é feita uma análise dos resultados obtidos para cada caso de estudo (8.2.1 a 8.2.4), bem como a apresentação de uma breve síntese desses resultados, no ponto 8.2.5, com a indicação dos contributos do trabalho desenvolvido na resolução/mitigação dos problemas identificados.

Em seguida, o ponto 8.3 tem como objetivo apresentar os resultados: (i) do estado de conservação e avaliação do desempenho temporal observado das soluções técnicas implementadas em intervenções de estabilização de margens já realizadas; e, (ii) da análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução teórico-expectável. Com essa análise será feita uma avaliação da influência da aplicação de um programa de monitorização, ao nível do desempenho (técnico e ecológico) das intervenções a médio/longo prazo. Para tal, é considerada a aplicação do programa de monitorização e dos indicadores de acompanhamento e avaliação, definidos nos subcapítulos 6.2 e 6.3. Por fim, no ponto 8.3.5, são apresentadas as principais conclusões em relação à análise e discussão de resultados efetuada, salientando a mudança de paradigma no processo de intervenção de estabilização de margens fluviais.

8.2. Resultados de caracterização geral do estado das margens e seleção de soluções técnicas de intervenção adequadas

Os resultados apresentados referem-se, como assinalado anteriormente, a troços de rio com problemas de erosão nas margens (numa das margens ou em ambas), com vista à seleção de soluções técnicas de intervenção adequadas. No entanto, a seleção e implementação de uma solução ótima que seja prática e exequível é uma tarefa complicada, sendo necessário a compatibilidade de vários condicionalismos, como já referido no capítulo 5. As correspondentes soluções a adotar, para cada caso de estudo analisado, estão de acordo com a caracterização geral do estado das margens proposta, nomeadamente: (i) ao nível do tipo de ações atuantes; (ii) dos

mecanismos de instabilidade e rotura presentes no talude da margem; e, (iii) da geomorfologia da área de intervenção, assegurando uma boa integração paisagística e o bom funcionamento do ecossistema ribeirinho. A compatibilidade de todos esses condicionalismos eleva o nível de confiança, do ponto de vista da estabilidade e sustentabilidade do estado da margem a médio-longo prazo.

Para a apresentação dos resultados dessa análise foram elaborados dois quadros resumo com os principais parâmetros de caracterização do estudo em causa e o processo de seleção de soluções técnicas, nomeadamente com a aplicação das matrizes de avaliação e validação das especificações técnicas associadas a cada solução e local de implementação. O processo de seleção considera apenas como soluções técnicas de intervenção adequadas para implementação, aquelas que cumulativamente forem válidas pelos dois métodos de seleção referidos, respeitando os princípios de reabilitação e a legislação vigente.

Apresenta-se, para melhor compreensão, a indicação do tipo e modo de preenchimento nos quadros modelo (Quadros 34 e 35).

Quadro 34 – Exemplo de quadro-resumo (modelo) da caracterização geral do estado das margens para o troço e rio em análise.

Caso de Estudo: (Identificação do caso de estudo em análise)						
LOCALIZAÇÃO						
Lugar: (Lugar onde se desenvolve o caso de estudo)		Freguesia: (Freguesia onde se desenvolve o caso de estudo)		Concelho: (Concelho onde se desenvolve o caso de estudo)		
Distrito: (Distrito onde se desenvolve o caso de estudo)		Coordenadas: (Latitude/Longitude)				
Bacia Hidrográfica: (BH correspondente)				Região Hidrográfica: (ARH correspondente)		
PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TROÇO DE RIO (a intervir)						
Dados Gerais	Dimensão do troço de rio (em análise): Extensão (m)			Tipologia de linha de água: (Montanha/Intermédio/...)		
	Tipo de Escoamento: (Lento/Rápido)			Nível de água: (Seco/Dominante/Elevado/...)		
	Forma do canal: (Forma U/Trapezoidal/...)			Modificações do canal: (Obstruções/Construções/Canalizado/.)		
	Impactos locais: (Atividade antrópica/Pastoreio/...)			Tipos de obstáculos: (Sem obstáculos/Sedimentação/...)		
	Extensão longitudinal da vegetação: (Ausente/...)			Pontos de instabilidade: (Curvas/Obstáculos/Irregular/...)		
	Mecanismos causadores de instabilidade: (Obstruções/Remoção do material da base da margem/...)			Modelação Hidráulica: (Sim / Não)		
Problemas / Disfunções detetados: (Descrição sumária dos principais problemas identificados para o troço de rio em análise)						
Classificação do estado e potencial de erosão da margem	Ponto de Amostragem (P ₁)		Ponto de Amostragem (P ₂)		Ponto de Amostragem (P ₃)	
	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita
	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados

Quadro 35 – Exemplo de quadro-resumo (modelo) do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção adequadas/inadequadas e de critérios complementares de apoio à decisão tendo em conta a componente económica e os objetivos da intervenção (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

CASO DE ESTUDO:			CRITÉRIOS COMPLEMENTARES							
Ponto de Amostragem: (Secção transversal a analisar)										
Margem: (Esquerda/Direita)										
SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS	PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO									
	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	Custo unitário (€/un. medida)	Período de construção	Disponibilidade de materiais vivos	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i> pela solução técnica selecionada			
Muro de Betão Armado	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	200-250 (€/m ³)	Todo o ano	Não	Mau	FR	CV	RA	DEA
Muro de Gabião	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	70-100 (€/m ³)	Todo o ano	Não	Mau	FR	CV	RA	DEA
Gabião cilíndrico	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	25-60 (€/ml)	Todo o ano	Não	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Enrocamento	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	35-70 (€/m ³)	Todo o ano	Não	Mau	FR	CV	RA	DEA
Colchão reno	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	70-100 (€/m ³)	Todo o ano	Não	Mau	FR	CV	RA	DEA
Defletor	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	100-125 (€/m ³)	Todo o ano	Não	Mau	FR	CV	RA	DEA
Geomalha	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	7.5-10 (€/m ²)	Todo o ano	Não	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Geocélulas	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	15-40 (€/m ²)	Todo o ano	Não	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Sementeira	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	1-2 (€/m ²)	Todo o ano*	Não	Bom	FR	CV	RA	DEA
Hidrossementeira	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	3-5 (€/m ²)	Todo o ano*	Não	Bom	FR	CV	RA	DEA
Manta Orgânica	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	5-7.5 (€/m ²)	Todo o ano	Não	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Biorolo	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	20-40 (€/ml)	Todo o ano	Não	Bom	FR	CV	RA	DEA
Estacaria Viva	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	0.5-1.5 (€/un)	Outubro-Abril	Sim	Bom	FR	CV	RA	DEA
Faxina viva	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	20-40 (€/ml)	Outubro-Abril	Sim	Bom	FR	CV	RA	DEA
Enrançado vivo	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	20-35 (€/m ²)	Outubro-Abril	Sim	Bom	FR	CV	RA	DEA
Muro vivo (cribwall)	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	90-125 (€/m ³)	Outubro-Abril	Sim	Bom	FR	CV	RA	DEA
Grade viva	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	100-125 (€/m ²)	Outubro-Abril	Sim	Bom	FR	CV	RA	DEA
Esteira viva	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	30-45 (€/m ²)	Outubro-Abril	Sim	Bom	FR	CV	RA	DEA
Muro de Gabião vivo	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	80-110 (€/m ³)	Outubro-Abril	Sim	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Enrocamento vivo	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	45-80 (€/m ³)	Outubro-Abril	Sim	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Colchão reno vivo	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	80-110 (€/m ³)	Outubro-Abril	Sim	Razoável	FR	CV	RA	DEA
Defletor vivo	Adequada / Inadequada	Adequada / Inadequada	110-135 (€/m ³)	Outubro-Abril	Sim	Razoável	FR	CV	RA	DEA

Os resultados apresentados em seguida, para cada caso de estudo, dizem respeito ao estado de conservação das margens aquando da última visita de campo realizada em setembro de 2016. Todavia, para a seleção de soluções técnicas de estabilização de margens teve-se em consideração todos os aspetos relevantes identificados nas diversas visitas de campo realizadas anteriormente, nomeadamente em alterações e/ou intervenções que possam ter ocorrido entre essas visitas (ver Anexo 6).

8.2.1. Rio Antuã

A área de estudo situa-se na freguesia de Salreu, concelho de Estarreja, imediatamente antes do parque municipal de Antuã, em pleno espaço urbano da cidade. A extensão da área em estudo é de 1.2 km. Foram realizadas três visitas de campo (novembro de 2013, novembro de 2014 e setembro 2016), tendo-se verificado um agravamento do estado e potencial de erosão das margens da primeira para a última visita, conforme se pode verificar pelos resultados da aplicação das fichas de dados de campo (Anexo 6.1), resumida no Quadro 36.

Quadro 36 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Antuã (Estarreja) - Novembro 2014.

Caso de Estudo: Rio Antuã						
LOCALIZAÇÃO						
Lugar: Salreu			Freguesia: Salreu		Concelho: Estarreja	
Distrito: Aveiro			Coordenadas: LAT 40°45'28.09"N / LON 8°33'30.66"W			
Bacia Hidrográfica: Antuã				Região Hidrográfica : RH4 - Centro		
PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TROÇO DE RIO (a intervencionar)						
Dados Gerais	Dimensão do troço de rio (em análise): 1200 m			Tipologia de linha de água: Intermédio		
	Tipo de Escoamento: Lento			Nível de água: Dominante		
	Forma do canal: Forma U			Modificações do canal: Assoreamento / Construções		
	Impactos locais: Estrada / Atividade Florestal			Tipos de obstáculos: Pontos de sedimentação com vegetação; Muros em alvenaria.		
	Extensão longitudinal da vegetação: Isolado disperso (10%)			Pontos de instabilidade: Pontuais (em curva)		
	Mecanismos causadores de instabilidade: Ausência de vegetação; perda de confinamento e remoção do material da margem; Posição em planta (curva).			Modelação Hidráulica: Não		
Problemas / Disfunções detetados:						
Pela análise das fichas de caracterização de campo (nas duas visitas realizadas) verificou-se um agravamento do estado das margens da primeira para a segunda visita, nomeadamente no Ponto P1 (margem direita). Os principais problemas detetados são a elevada suscetibilidade à erosão devido à ausência de vegetação nas margens e a presença de árvores tombadas sobre o leito (resultado de arrastamento de montante) a funcionar como defletores de corrente, alterando a direção do escoamento para as margens opostas.						
Classificação do estado e potencial de erosão da margem	Ponto de Amostragem (P ₁)		Ponto de Amostragem (P ₂)		Ponto de Amostragem (P ₃)	
	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita
	Sem Erosão	Erosão Moderada	Erosão Moderada	Sem Erosão	Sem Erosão	Sem Erosão

Por análise do Quadro 36 verifica-se que os principais problemas nas margens, para a globalidade da área em estudo, resultam da inadequada proteção vegetal e do arrastamento e depósito de material

lenhoso, vindo de montante. Apesar de os principais problemas identificados serem comuns a toda a área analisada, refira-se que, a diferente localização dos pontos de erosão detetados, nomeadamente nos locais de amostragem (P_1) e (P_2). A morfologia íngreme e a queda de material da margem direita, no ponto de amostragem (P_1), atestam a vulnerabilidade que essa margem possui às ações do escoamento. No ponto de amostragem (P_2), atribuiu-se a classificação de erosão moderada à margem esquerda, em virtude da existência de um ponto de obstrução (muro de alvenaria) do escoamento que, em situações de cheia, origina um aumento do potencial de erosão nessa margem. Apresenta-se no Quadro 37, um resumo dos resultados da aplicação do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção para os dois pontos de amostragem identificados com problemas de erosão. Esse processo segue a metodologia descrita e desenvolvida no capítulo 4.4, nomeadamente com a aplicação de dois processos de seleção: (i) aplicação de matrizes de avaliação (adaptado de Cramer, 2002) (Anexo 3.2); e, (ii) análise das especificações técnicas¹⁸.

Quadro 37 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (Soluções técnicas adequadas indicadas: cor – verde, ou; Soluções técnicas inadequadas indicadas: cor - vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica) – Rio Antuã: P_1 (Margem direita); P_2 (Margem Esquerda).

SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS	Ponto de Amostragem P_1		Ponto de Amostragem P_2	
	Margem: Direita		Margem: Esquerda	
	PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO		PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO	
	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Muro de Betão Armado	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Muro de Gabião	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Gabião cilíndrico	Inadequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Enrocamento	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Colchão reno	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Defletor	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Geomalha	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Geocélulas	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Sementeira	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Hidrossementeira	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Manta Orgânica	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Biorolo	Adequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Estacaria Viva	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Faxina viva	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada*
Entrançado vivo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada*
Muro vivo (cribwall)	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada*
Grade viva	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Esteira viva	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada*
Muro de Gabião vivo	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada
Enrocamento vivo	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada
Colchão reno vivo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Defletor vivo	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada

¹⁸ Ver Capítulo 5.3. Proposta de critérios para seleção de soluções técnicas de intervenção em margens fluviais

Os Quadros 38 e 39 resumem, de acordo com a aplicação do processo de seleção de soluções técnicas (descrito em 4.4), as diferentes opções de proteção consideradas para o correspondente troço de rio em estudo. Assinale-se que são identificados distintos mecanismos de rotura e mecanismos causadores de instabilidade das margens para cada ponto de amostragem e, por conseguinte, diferentes soluções técnicas são indicadas como adequadas. No caso da margem esquerda (P_1) verifica-se (Quadro 37) uma evidente inadequabilidade pela análise das especificações técnicas associadas a cada solução, nomeadamente no que diz respeito ao tipo de material da margem (pobre) e tipo de erosão (isolada). Refira-se ainda que, neste caso, considerando o canal em equilíbrio, o processo de erosão nas margens resulta num ajustamento do canal por forma a alcançar o estado de equilíbrio (ciclos de erosão-sedimentação). No entanto, torna-se necessário proteger e mitigar os problemas decorrentes desse processo com a aplicação de soluções técnicas que reduzam o poder erosivo do escoamento. Para tal, indica-se no Quadro 38, as soluções técnicas consideradas adequadas pelo processo de seleção, para o ponto de amostragem (P_1), numa extensão de 20m de comprimento (ver figura 72), acompanhadas pela informação complementar (Anexo 8.1a).

Quadro 38 – Proposta de intervenção no ponto de amostragem (P_1 – margem direita) acompanhada de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 3420.00€ - 4245.00€							
Defletor vivo	2970-3645	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Baixo	Médio	Evitado	Depende*
Geomalha	450-600	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio

Tomando por base as soluções técnicas selecionadas como adequadas e, analisando a informação complementar tendo em conta os objetivos de uma potencial intervenção, esquematiza-se na Figura 72 o estado pós-intervenção de estabilização da margem direita (vista em alçado).

Relativamente à margem esquerda (P_2), ao contrário do ponto de amostragem (P_1), verifica-se uma ampla adequabilidade das soluções técnicas de intervenção (Quadros 37 e 39) ao local de intervenção. Todavia, decorrente da aplicação do processo de seleção (matrizes de avaliação), constata-se que as soluções técnicas mais rígidas são preteridas (Quadro 37), uma vez que não permitem o ajustamento natural do canal para o estado de equilíbrio. Pretendendo-se apresentar e estimular a criatividade na seleção e aplicação de soluções técnicas de intervenção, são apresentadas duas opções alternativas para a estabilização da margem esquerda (P_2), numa extensão de 20m de comprimento (ver Quadro 39), tendo por base os critérios complementares associados (Anexo 8.1b).

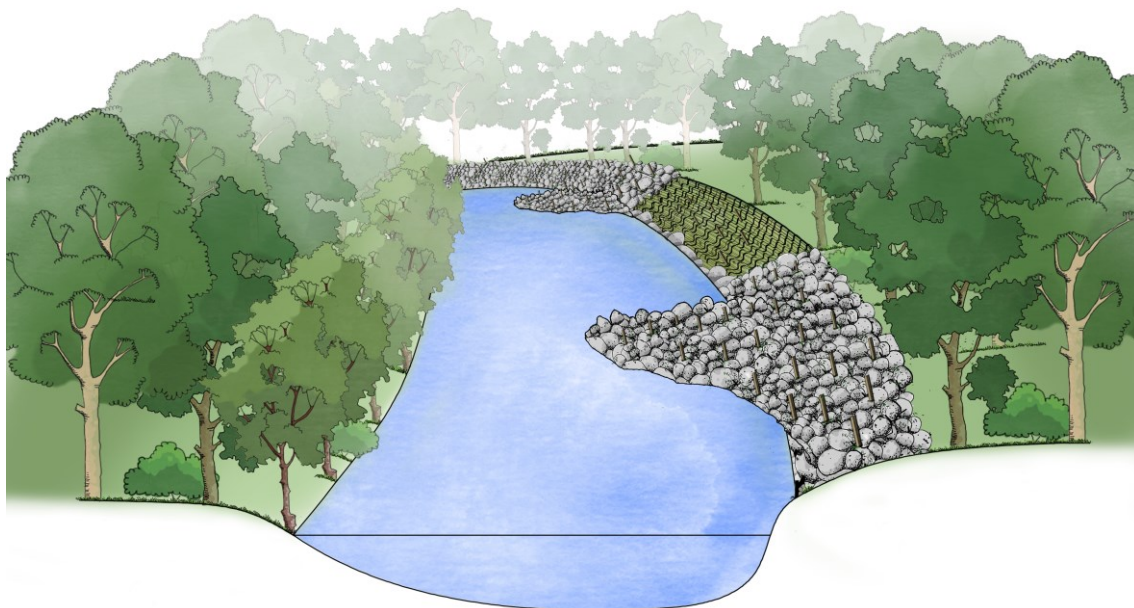


Figura 72 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Antuã (P1) (vista de montante):
Opção 1- Defletor vivo; Estacaria viva e Geomalha.

Quadro 39 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – margem esquerda) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 1830.00€ – 3750.00€							
Geocélula	900-2400	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Geomalha	450-600	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Manta Orgânica	300-450	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Hidrossementeira	180-300	Todo o ano*	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Opção 2: 3630.00€ – 4950.00€							
Grade Estacaria viva	2700-3600	Todo o ano	Bom	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*
		Outubro - Abril					
Geomalha	450-600	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Manta Orgânica	300-450	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Hidrossementeira	180-300	Todo o ano*	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado

Por análise do Quadro 39 e Figuras 73 e 74, verifica-se que entre as duas possíveis opções propostas para intervenção, apenas se alteram duas das soluções técnicas: geocélula por grade viva. Saliente-se que a alteração entre essas duas soluções faz variar o custo total da intervenção, sendo mais elevado na opção 2. No entanto, na opção 2 o impacto estético-paisagístico é atenuado pela utilização de estruturas biodegradáveis que se integram no meio envolvente e com impactos reduzidos no

habitat. Tendo em conta a informação apresentada, as propostas de intervenção devem ser seleccionadas de acordo com os objetivos do projeto e da capacidade financeira disponível para o desenvolver.

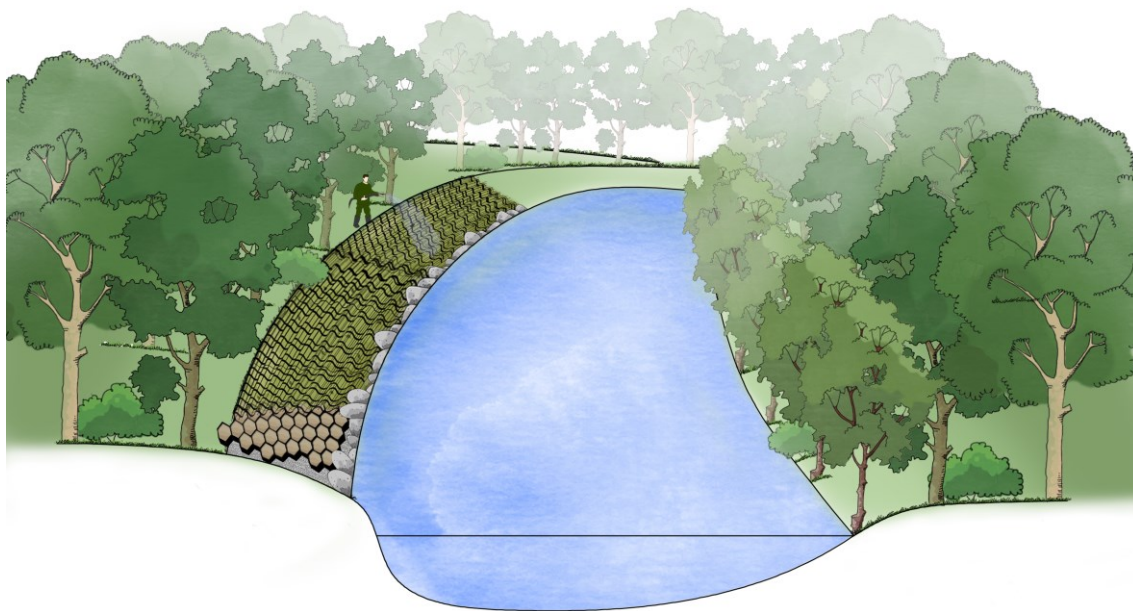


Figura 73 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Antuã (P2) (vista de montante): Opção 1- Geocélulas; Geomalha; Manta Orgânica; e, Hidrossementeira.



Figura 74 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Antuã (P2) (vista de montante): Opção 2- Grade viva; Geomalha; Manta Orgânica; e, Hidrossementeira.

8.2.2. Rio Cértima

A área de estudo situa-se no concelho de Anadia e compreende um troço do rio Cértima, entre a Ponte de Arcos e a Ponte da Canha, com extensão aproximada de 2.71km. Abrange uma área maioritariamente agrícola, uma área de lazer (parque de merendas de Mogofores) e algumas edificações junto das margens. Foram realizadas, quatro visitas de campo (abril e novembro de 2013, novembro de 2014 e setembro de 2016), sendo o principal problema identificado ao longo do troço de rio em estudo – a inexistência de ações de conservação e manutenção da vegetação ribeirinha – originando, perturbações pontuais nas margens devido ao elevado nível de obstrução do leito por parte da vegetação (Quadro 40). Na visita de campo efetuada (em novembro de 2014), constatou-se a realização de uma intervenção de corte e limpeza da vegetação das margens e remoção de sedimentos do leito, numa extensão de 250m a montante do ponto de amostragem (P₂). A intervenção realizada por parte dos serviços descentralizados da Agência Portuguesa do Ambiente (APA-ARH Centro) tentou mitigar o principal problema identificado no troço de rio em estudo, no entanto, amplificou os problemas de suscetibilidade à erosão nessa zona, na medida em que removeu toda a vegetação ribeirinha que até esse momento conferia alguma resistência à margem.

Quadro 40 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Cértima (Anadia) - Novembro 2014.

Caso de Estudo: Rio Cértima						
LOCALIZAÇÃO						
Lugar: Mogofores			Freguesia: Mogofores		Concelho: Anadia	
Distrito: Aveiro			Coordenadas: LAT 40°27'9.46"N / LON 8°27'27.70"W			
Bacia Hidrográfica: Vouga				Região Hidrográfica : RH4 - Centro		
PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TROÇO DE RIO (a intervencionar)						
Dados Gerais	Dimensão do troço de rio (em análise): 2710 m			Tipologia de linha de água: Intermédio		
	Tipo de Escoamento: Lento			Nível de água: Dominante		
	Forma do canal: Forma U plano			Modificações do canal: Depósitos de sedimentos na margem		
	Impactos locais: Extração de inertes / Ponte / Lazer			Tipos de obstáculos: Depósitos de elevados escoamentos		
	Extensão longitudinal da vegetação: Aglomerados ocasionais (30%)			Pontos de instabilidade: Pontuais		
	Mecanismos causadores de instabilidade: Perda de confinamento; Remoção do material da margem; Obstrução			Modelação Hidráulica: Sim		
Problemas / Disfunções detetados: Pela análise das fichas de caracterização de campo (nas três visitas realizadas) verifica-se como principal problema a inexistência de ações de conservação e manutenção da vegetação ribeirinha nas margens. Tal situação está a originar dois tipos de problemas: (i) maior suscetibilidade à erosão devido à ausência de vegetação ribeirinha e, (ii) nos locais onde existe vegetação, esta encontra-se tombada sobre o leito a funcionar como defletores de corrente, alterando a direção do escoamento para as margens opostas, originando erosões pontuais.						
Classificação do estado e potencial de erosão da margem	Ponto de Amostragem (P ₁)		Ponto de Amostragem (P ₂)		Ponto de Amostragem (P ₃)	
	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita
	Sem Erosão	Pontual	Erosão Elevada	Sem Erosão	Sem Erosão	Sem Erosão

As soluções técnicas propostas a adotar no troço do rio Cértima atenderam à caracterização geral efetuada, à validação por parte do estudo hidráulico realizado e do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção proposto. Uma vez atribuída a classificação de erosão elevada (P_2 - margem esquerda) (Quadro 40) foi realizada, de acordo com a metodologia proposta, uma simulação hidráulica para conhecimento dos parâmetros - tensão de arrastamento; velocidade de escoamento; e variação do nível de água – bem como para delimitar os limites espaciais da aplicação das soluções técnicas de intervenção.

Apresenta-se no Quadro 41, um resumo dos resultados da aplicação do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção para os dois pontos de amostragem identificados com problemas de erosão. Como já referido, esse processo segue a metodologia descrita e desenvolvida no capítulo 4.

Quadro 41 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (Soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica; (**) Indica a necessidade de modelação da margem de modo a diminuir a inclinação do talude – Rio Cértima: P_1 (Margem Direita); P_2 (Margem Esquerda).

SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS	Ponto de Amostragem P_1		Ponto de Amostragem P_2	
	Margem: Direita		Margem: Esquerda	
	PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO		PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO	
	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Muro de Betão Armado	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Muro de Gabião	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Gabião cilíndrico	Adequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Enrocamento	Adequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Colchão reno	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Defletor	Adequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Geomalha	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Geocélulas	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Sementeira	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Hidrossementeira	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada**
Manta Orgânica	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Biorolo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Estacaria Viva	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada**
Faxina viva	Adequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Enrançado vivo	Adequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Muro vivo (cribwall)	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada*
Grade viva	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Esteira viva	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Muro de Gabião vivo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Enrocamento vivo	Adequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Colchão reno vivo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Defletor vivo	Adequada	Inadequada	Inadequada	Adequada

A análise dos resultados apresentados no Quadro 41 mostra que, no caso da margem direita (P₁), a morfologia da margem (elevada inclinação), as fracas condições de acessibilidade para equipamentos ou maquinaria pesada e o reduzido espaço disponível para implementação de soluções técnicas, são as principais razões para a ampla inadequabilidade apresentada. Por outro lado, no que diz respeito à margem esquerda (P₂) as soluções técnicas de engenharia tradicional foram consideradas inadequadas em virtude da tipologia de erosão (generalizada) presente na margem. O Quadro 42 indica duas propostas de intervenção possíveis de executar no ponto de amostragem (P1 – margem direita), numa extensão de 20m de comprimento (ver figuras 75 e 76), acompanhadas pela informação complementar (Anexo 8.2a).

Quadro 42 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P1 – margem direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 1025.00€ – 1575.00€							
Entrançado vivo	400-700	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Geomalha	375-500	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Manta Orgânica	250-375	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Opção 2: 1425.00€ – 2475.00€							
Faxina viva	800-1600	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Geomalha	375-500	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Manta Orgânica	250-375	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Baixo

Pela análise do Quadro 42, as propostas de intervenção apresentadas para o ponto de amostragem (P1 – margem direita) diferem apenas na solução técnica: entrançado vivo por faxina viva (Figuras 75 e 76). A alteração entre essas duas soluções técnicas faz variar o custo total da intervenção, sendo mais elevado na opção 2. A utilização de geomalha e manta orgânica em conjunto vai permitir criar uma proteção superficial e uma maior colonização da vegetação espontânea, em resultado da retenção de água no solo por um tempo mais alargado. Tendo em conta que a informação respeitante aos critérios complementares é semelhante para as duas propostas de intervenção, a decisão final deverá ter em consideração o custo total estimado para a execução da intervenção.



Figura 75 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Cértima (P1) (vista de jusante):
Opção 1- Entrançado vivo; Geomalha; e, Manta Orgânica.

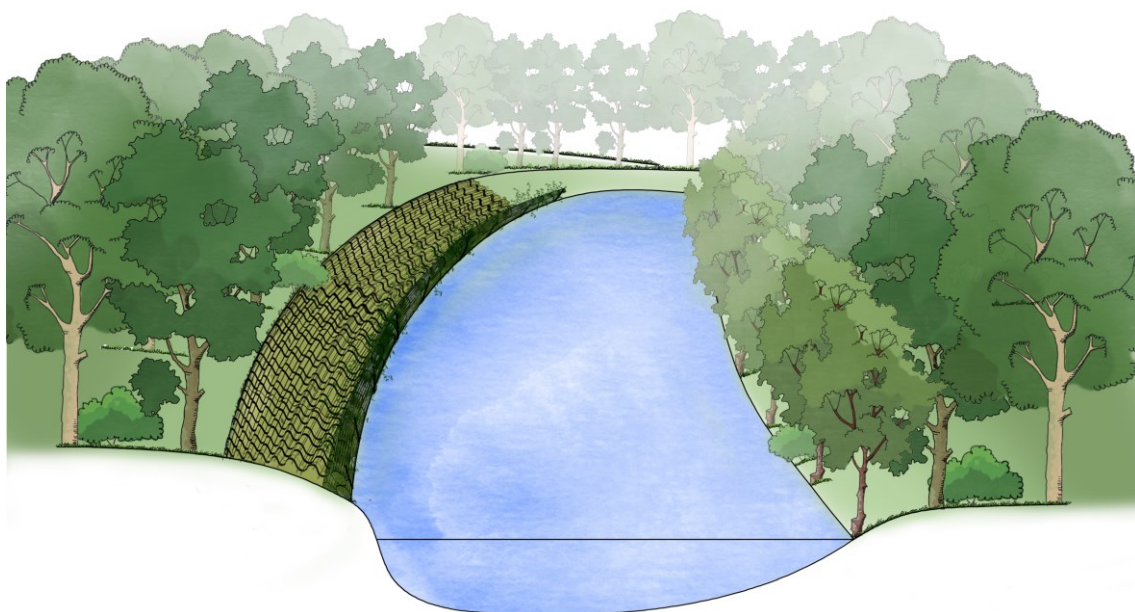


Figura 76 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Cértima (P1) (vista de jusante):
Opção 2- Faxina viva; Geomalha; e, Manta Orgânica.

O Quadro 43 indica duas propostas de intervenção possíveis de executar no ponto de amostragem (P2 – margem esquerda), numa extensão de 20m de comprimento (ver figuras 77 e 78), acompanhadas pela informação complementar (Anexo 8.2b).

Quadro 43 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – margem esquerda) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 2227.00€ – 3970.00€							
Entrançado vivo	400-700	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Faxina viva	800-1600	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Estacaria viva	27-270	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Geomalha	600-800	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Manta Orgânica	400-600	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Opção 2: 10013.50€ – 14035.00€							
Muro vivo(<i>Cribwall</i>)	9000-12500	Todo o ano	Bom	Médio	Baixo	Médio	Depende*
Estacaria viva		Outubro - Abril					
Estacaria viva	13.50-135	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Geomalha	600-800	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Manta Orgânica	400-600	Todo o ano	Razoável	Baixo	Baixo	Médio	Baixo

A análise das propostas de intervenção apresentadas no Quadro 43 ilustra a criatividade possível de se ter na seleção de soluções técnicas para a estabilização de margens e a variação significativa no custo total de intervenção. Na opção 1 é proposta a criação de dois patamares. No primeiro patamar, propõe-se a utilização de entrançado vivo na base da margem seguida de geomalha e manta orgânica. No segundo patamar, a execução da solução técnica de faxina viva e aplicação de estacaria viva até ao topo da margem (Figura 77). A opção 2 propõe a execução de um muro vivo (*cribwall*) para proteção da base da margem e a aplicação de geomalha e manta orgânica complementada por estacaria viva até ao topo da margem (Figura 78).

O custo total da intervenção para as duas propostas a executar no ponto de amostragem (P2 – margem esquerda) pode variar num valor estimado de 10065€. Tendo em conta a informação apresentada, as propostas de intervenção devem ser selecionadas de acordo com os objetivos do projeto e da capacidade financeira disponível para o desenvolver.



Figura 77 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Cértima (P2) (vista de montante): Opção 1- Entrançado vivo; Geomalha; e, Manta Orgânica (primeiro patamar); Faxina viva; e, Estacaria viva (segundo patamar).

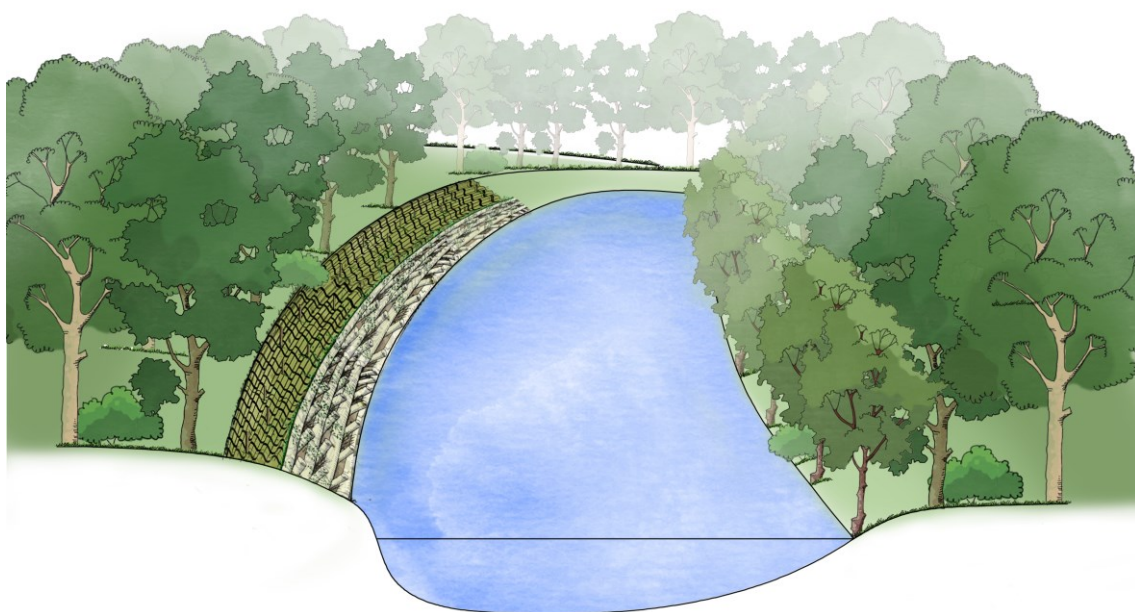


Figura 78 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Cértima (P2) (vista de montante): Opção 2- Muro vivo (cribwall) (primeiro patamar); Estacaria viva, Geomalha e, Manta Orgânica (segundo patamar).

8.2.3. Rio Lis

A área de estudo está situada na freguesia da Carreira, concelho de Leiria, imediatamente antes do açude insuflável das Salgadas e da confluência da ribeira da Carreira na margem direita do rio Lis. A extensão da área em estudo é de 1.5 km.

Foram realizadas quatro visitas de campo (abril e novembro de 2013, novembro de 2014 e setembro de 2016), tendo-se verificado um agravamento do estado das margens desde a primeira visita para as visitas seguintes, conforme se pode verificar pelos resultados da aplicação das fichas de dados de campo (Anexo 8.3). Em resultado da caracterização geral do estado das margens para os três pontos de amostragem neste troço, foram identificados problemas de erosão moderada a elevada (Quadro 44).

Quadro 44 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Lis (Leiria) - novembro 2014.

Caso de Estudo: Rio Lis						
LOCALIZAÇÃO						
Lugar: Monte Real			Freguesia: Carreira		Concelho: Leiria	
Distrito: Leiria			Coordenadas: LAT 39°51'42.59"N / LON 8°51'38.92"W			
Bacia Hidrográfica: Lis				Região Hidrográfica : RH4 - Centro		
PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TROÇO DE RIO (a intervirer)						
Dados Gerais	Dimensão do troço de rio (em análise): 1500 m			Tipologia de linha de água: Intermédio		
	Tipo de Escoamento: Lento			Nível de água: Dominante		
	Forma do canal: Duas fases			Modificações do canal: Sem obstáculos		
	Impactos locais: Canal retilíneo / Sistema de Regas			Tipos de obstáculos: Sem obstáculos		
	Extensão longitudinal da vegetação: Isolado / Disperso (10%)			Pontos de instabilidade: Toda a extensão (generalizada)		
	Mecanismos causadores de instabilidade: Perda de confinamento e remoção do material da margem			Modelação Hidráulica: Sim		
Problemas / Disfunções detetados: Elevada erosão das margens em toda a extensão do troço em estudo e elevado potencial de erosão devido a inexistência de galeria ribeirinha nas duas margens.						
Classificação do estado e potencial de erosão da margem	Ponto de Amostragem (P1)		Ponto de Amostragem (P2)		Ponto de Amostragem (P3)	
	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita
	Erosão Moderada	Erosão Moderada	Erosão Elevada	Erosão Elevada	Erosão Elevada	Erosão Elevada

De um modo geral, a inexistência de galeria ribeirinha ao longo de toda a extensão deste troço, torna-o muito vulnerável aos problemas de erosão. O ponto de amostragem (P1- Margens Esquerda / Direita) situa-se imediatamente a jusante da ponte rodoviária (N349), apresentando problemas de erosão moderada em ambas as margens, nomeadamente, nas zonas de extremidade, na ligação (área da margem debaixo da ponte protegida por betão) com a margem não protegida. A análise de resultados deste ponto de amostragem foi feita em simultâneo para ambas as margens, uma vez que estas apresentam características geomorfológicas e problemas de erosão semelhantes. No que diz

respeito ao ponto de amostragem (P_2) a análise realizou-se de forma independente para cada margem. No caso (P_2 - Margem Esquerda) verificou-se a existência de erosão generalizada ao longo do segmento analisado e a ocorrência do mecanismo de rotura: remoção do material da base da margem. Por outro lado, no caso (P_2 - Margem Direita), as necessidades de utilização dessa margem como infraestrutura de apoio à pista de pesca da Carreira, o tipo de material e a ausência de estrutura radicular na margem, justificam a classificação atribuída de erosão elevada. O ponto de amostragem (P_3 - Margens Esquerda / Direita) apresentava graves problemas de erosão em resultado dos eventos de cheias ocorridos em março de 2014.

As soluções técnicas propostas a adotar no troço analisado no rio Lis atenderam à caracterização geral efetuada, à validação por parte do estudo hidráulico realizado e ao processo de seleção de soluções técnicas de intervenção proposto. Apresenta-se nos Quadros 45 e 46, um resumo dos resultados da aplicação do processo de seleção de soluções técnicas de intervenção para os três pontos de amostragem identificados com problemas de erosão. Como já referido, esse processo segue a metodologia descrita e desenvolvida no capítulo 4.

Quadro 45 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (Soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica) – Rio Lis: P1 (Margens Esquerda e Direita); P2 (Margem Esquerda).

SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS	Ponto de Amostragem P_1		Ponto de Amostragem P_2	
	Margens: Esquerda e Direita		Margem: Esquerda	
	PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO		PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO	
	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Muro de Betão Armado	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Muro de Gabião	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Gabião cilíndrico	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Enrocamento	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Colchão reno	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Defletor	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Geomalha	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada
Geocélulas	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Sementeira	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada*
Hidrossementeira	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Manta Orgânica	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada
Biorolo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Estacaria Viva	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada
Faxina viva	Inadequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Entrançado vivo	Inadequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Muro vivo (cribwall)	Inadequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Grade viva	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Esteira viva	Inadequada	Inadequada	Adequada	Adequada*
Muro de Gabião vivo	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Enrocamento vivo	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Colchão reno vivo	Adequada	Inadequada	Adequada	Adequada
Defletor vivo	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada

A análise do Quadro 45 permite concluir que, a seleção de soluções técnicas de intervenção em margens, está condicionada às características do local de implementação. Relativamente ao ponto de amostragem (P1- Margens Esquerda / Direita) a consideração do critério (localização da intervenção junto a uma ponte/passadiço) conduz à necessidade de seleção de soluções técnicas mais rígidas, por forma a criar uma zona de transição gradual da área de margem protegida para a margem natural. No que diz respeito ao ponto de amostragem (P2- Margem Esquerda) pode-se concluir que, agregando diferentes soluções técnicas, é possível aumentar o leque de soluções possíveis de utilização.

Quadro 46 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica; (**) Indica a necessidade de modelação da margem de modo a diminuir a inclinação do talude – Rio Lis: P2 (Margem Direita); P3 (Margens Esquerda e Direita).

SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS	Ponto de Amostragem P ₂		Ponto de Amostragem P ₃	
	Margem: Direita		Margens: Esquerda e Direita	
	PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO		PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO	
	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Muro de Betão Armado	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Muro de Gabião	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Gabião cilíndrico	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Enrocamento	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Colchão reno	Adequada	Inadequada	Adequada	Inadequada
Defletor	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada
Geomalha	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada
Geocélulas	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada**
Sementeira	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada**
Hidrossementeira	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada**
Manta Orgânica	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada
Biorolo	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada*
Estacaria Viva	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Adequada**
Faxina viva	Adequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Enrançado vivo	Adequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Muro vivo (cribwall)	Adequada	Adequada*	Adequada	Adequada*
Grade viva	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada**
Esteira viva	Adequada	Adequada*	Adequada	Adequada**
Muro de Gabião vivo	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Enrocamento vivo	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
Colchão reno vivo	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada**
Defletor vivo	Inadequada	Adequada	Inadequada	Adequada

Na análise do Quadro 46 pode concluir-se que, em conformidade com o já referido 7.2.3.1, as soluções técnicas consideradas adequadas e possíveis de utilização são iguais, fruto da tipologia de traçado e da homogeneidade de características ao longo de todo o troço. Apresenta-se em seguida, para cada ponto de amostragem analisado, e à semelhança do descrito anteriormente, duas

propostas de intervenção para estabilização de margens. Cada proposta de intervenção é acompanhada de informação complementar (Anexo 8.3a,b,c,d).

8.2.3.1. RIO LIS: PONTO DE AMOSTRAGEM P1 (MARGENS ESQUERDA E DIREITA)

O Quadro 47 apresenta duas propostas de intervenção adequadas, possíveis de executar em ambas as margens do ponto de amostragem (P_1). De acordo com a análise efetuada é possível verificar que o custo total da intervenção é mais elevado na opção 2. Tendo em conta que, a restante informação complementar apresentada, é semelhante para as duas opções, a proposta de intervenção selecionada deverá resultar da capacidade financeira disponível para a desenvolver.

Quadro 47 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P_1 – Margens Esquerda / Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 5436.00€ – 9960.00€							
Enrocamento Estacaria viva	5436-9960	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Médio	Médio	Médio	Depende*
Opção 2: 14436.00€ – 20160.00€							
Muro de Gabião Estacaria viva	14436 – 20160	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Médio	Médio	Médio	Depende*

As Figuras 79 e 80 ilustram o estado pós-intervenção de duas propostas de intervenção possíveis de implementar no ponto de amostragem (P_1 – Margens Esquerda / Direita). Em resultado geometria do canal do rio Lis (curso de água regularizado) e da localização dos problemas de erosão detetados em ambas as margens, foram propostas soluções técnicas para estabilização nos dois patamares. No caso da opção 1, propõem-se a utilização de enrocamento vivo na base da margem (primeiro patamar), seguida de estacaria viva até ao topo da margem (segundo patamar) (Figura 79). A opção 2, apenas substitui a utilização de enrocamento vivo por muro de gabião vivo na base da margem (primeiro patamar), mantendo a estacaria viva no segundo patamar (Figura 80).

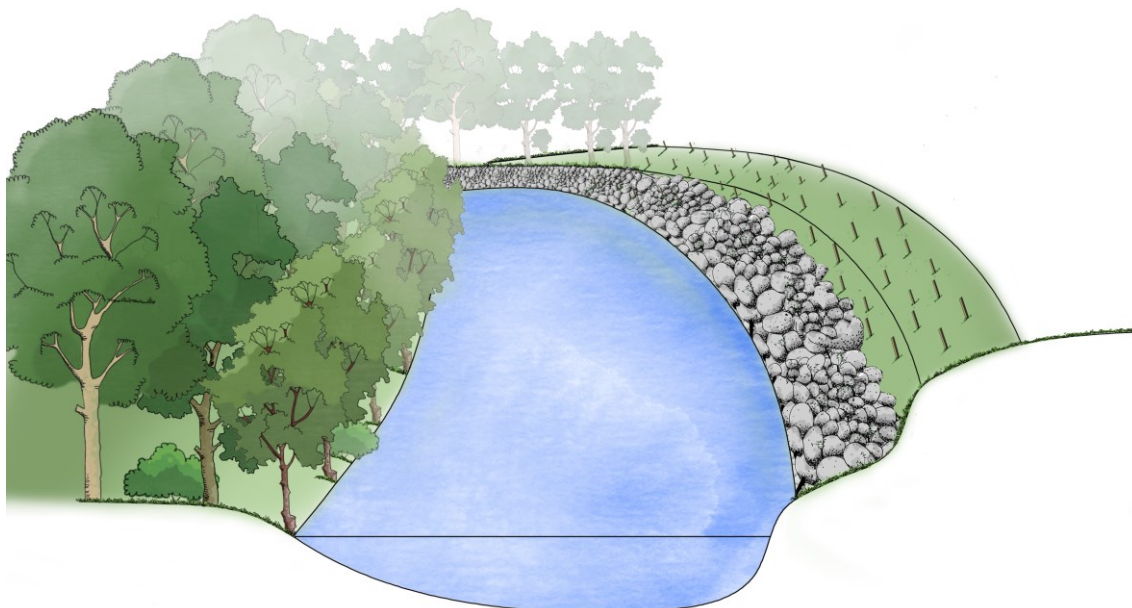


Figura 79 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P_1) (vista de montante/jusante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Estacaria viva (segundo patamar).

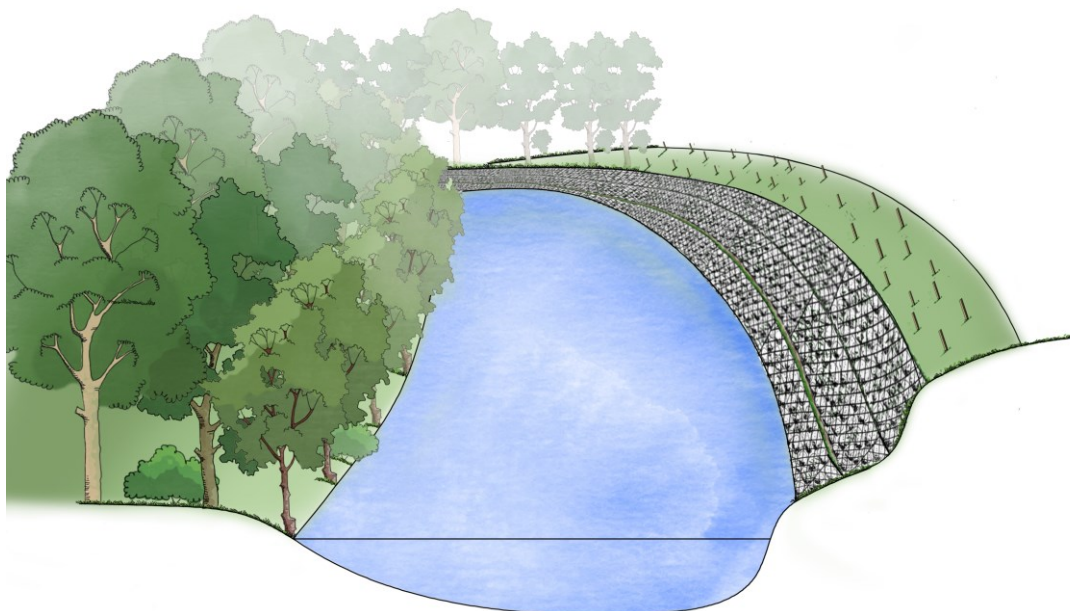


Figura 80 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P_1) (vista de montante/jusante): Opção 2- Muro de gabião vivo (primeiro patamar); e, Estacaria viva (segundo patamar).

8.2.3.2. RIO LIS: PONTO DE AMOSTRAGEM P2 (MARGEM ESQUERDA)

Para o ponto de amostragem (P₂- Margem Esquerda) são apresentadas duas propostas de intervenção adequadas, com variação significativa quer na componente económica quer nos impactos gerados no *habitat* (Quadro 48). Da análise efetuada, verifica-se uma variação do custo total de intervenção, sendo mais elevado na opção 2; no entanto, a opção 2 resulta num bom impacto estético-paisagístico da intervenção e minimiza/evita os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas, quando comparado com as soluções técnicas selecionadas na opção 1.

Quadro 48 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – Margem Esquerda) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Ripária (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 4500.00€ – 7200.00€							
Enrocamento Estacaria viva	2700-4800	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Médio	Médio	Médio	Depende*
Grade Estacaria viva	1800-2400	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*
Opção 2: 14700.00€ – 20550.00€							
Muro (<i>Cribwall</i>) Estacaria viva	13500-18750	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Médio	Baixo	Médio	Depende*
Esteira viva	1200-1800	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Depende*

As Figuras 81 e 82 ilustram o estado pós-intervenção de duas propostas de intervenção possíveis de implementar no ponto de amostragem (P₂ – Margem Esquerda) (Quadro 48). No caso da opção 1, propõem-se a utilização de enrocamento vivo na base da margem (primeiro patamar), seguida de grade viva complementada com estacaria viva até ao topo da margem (segundo patamar) (Figura 81). A opção 2 corresponde a uma intervenção mais naturalizada, com a utilização de muro vivo (*cribwall*) na base da margem (primeiro patamar) e aplicação de esteira viva no segundo patamar (Figura 82).

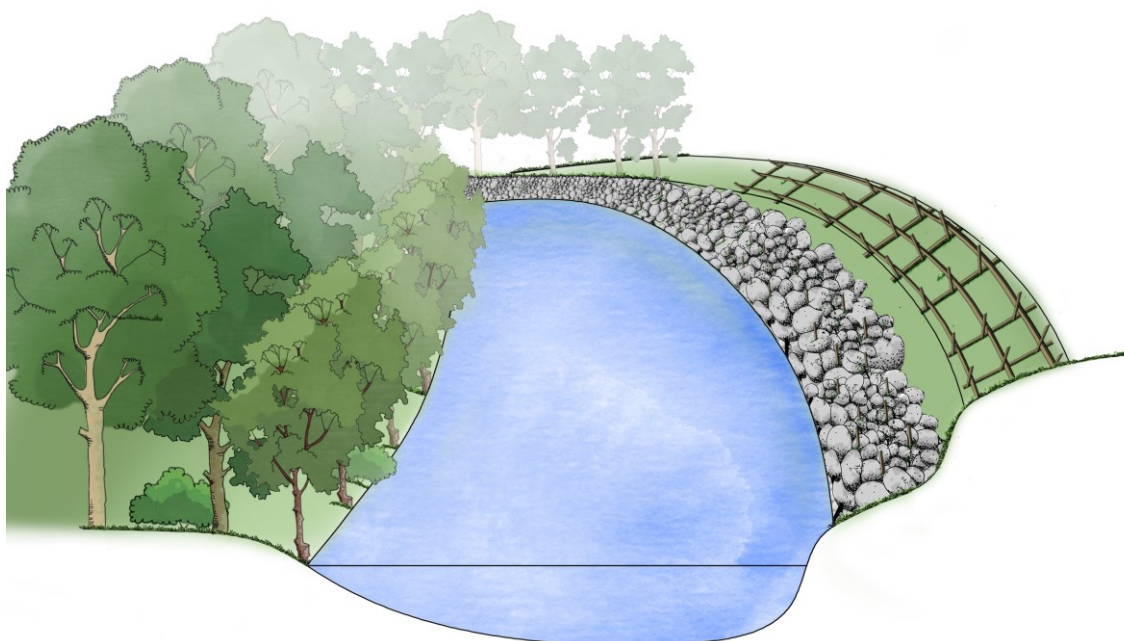


Figura 81 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Lis (P₂) (vista de jusante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar).



Figura 82 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem esquerda do rio Lis (P₂) (vista de jusante): Opção 2- Muro vivo (*cribwall*) (primeiro patamar); e, Esteira viva (segundo patamar).

8.2.3.3. RIO LIS: PONTO DE AMOSTRAGEM P2 (MARGEM DIREITA)

Para o ponto de amostragem (P₂- Margem Direita) diferentes propostas de intervenção adequadas podem ser apresentadas, fazendo variar os custos de intervenção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* (Quadro 46). O Quadro 49 apresenta a comparação entre duas propostas de intervenção para o ponto de amostragem (P₂- Margem Direita). Da análise efetuada, verifica-se uma variação do custo total de intervenção, sendo mais elevado na opção 2. Há semelhança do referido anteriormente (8.2.3.1), a restante informação complementar apresentada, é semelhante para as duas opções, pelo que a proposta de intervenção selecionada deverá resultar da capacidade financeira disponível para a desenvolver.

Quadro 49 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – Margem Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 5400.00€ – 8400.00€							
Enrocamento Estacaria viva	2700-4800	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Médio	Médio	Médio	Depende*
Grade Estacaria viva	2700-3600	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*
Opção 2: 9900.00€ – 13500.00€							
Muro de Gabião Estacaria viva	7200-9900	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Médio	Médio	Médio	Depende*
Grade Estacaria viva	2700-3600	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*

As Figuras 83 e 84 ilustram o estado pós-intervenção de duas propostas de intervenção possíveis de implementar no ponto de amostragem (P₂ – Margem Direita). Tendo em consideração, a utilização desta margem como infraestrutura de apoio à pista de pesca da Carreira, as soluções técnicas propostas tiveram como objetivo a estabilização da margem de uma forma imediata com o menor impacto estético-paisagístico e a minimização dos impactos gerados no *habitat*, promovendo a utilização da vegetação. No caso da opção 1, propõem-se a utilização de enrocamento vivo na base da margem (primeiro patamar), seguida de grade viva complementada com estacaria viva até ao topo da margem (segundo patamar) (Figura 83). A opção 2, apenas substitui a utilização de enrocamento vivo por muro de gabião vivo na base da margem (primeiro patamar), mantendo a estrutura de grade viva complementada com a estacaria viva no segundo patamar (Figura 84).

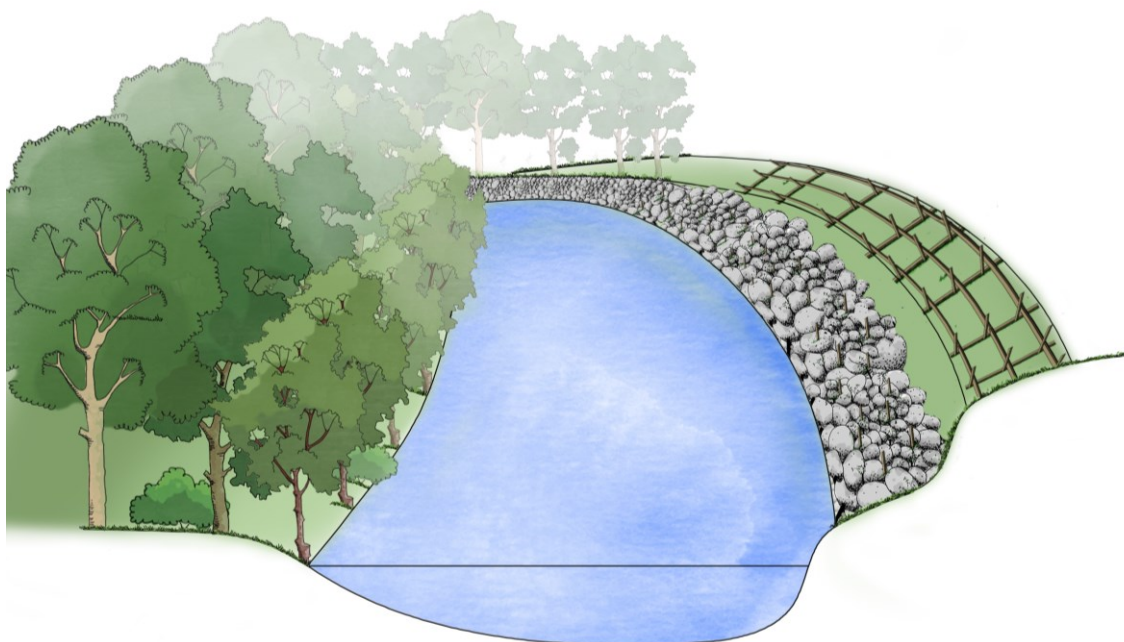


Figura 83 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Lis (P₂) (vista de montante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar).

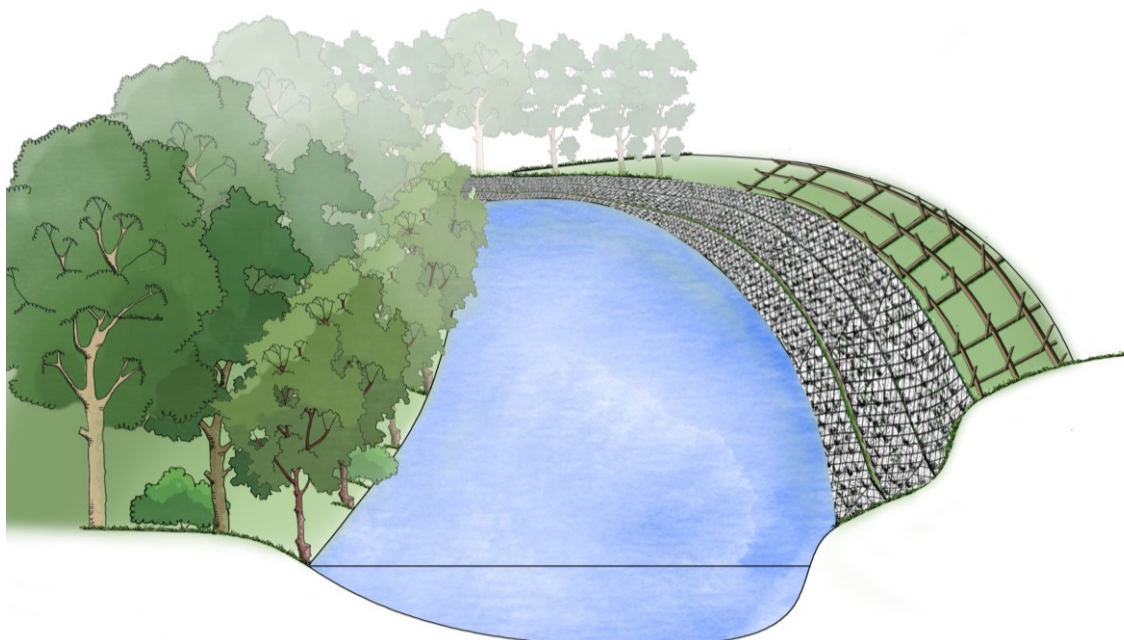


Figura 84 – Estado pós-intervenção de estabilização da margem direita do rio Lis (P₂) (vista de montante): Opção 1- Muro de gabião vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar).

8.2.3.4. RIO LIS: PONTO DE AMOSTRAGEM P3 (MARGENS ESQUERDA E DIREITA)

O Quadro 50 apresenta duas propostas de intervenção possíveis de executar no ponto de amostragem (P₃ - Margens Esquerda / Direita). Analisando a informação complementar associada a cada proposta pode concluir-se que, nomeadamente, a componente económica tem um peso fundamental na tomada de decisão dos trabalhos a desenvolver. Para o caso em concreto, é possível verificar que o custo total da intervenção, sendo mais elevado na opção 2. A restante informação complementar pode ter maior influência na tomada de decisão, em função dos objetivos de uma potencial intervenção.

Quadro 50 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P3 – Margens Esquerda / Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 9000.00€ – 14400.00€							
Enrocamento Estacaria viva	5400-9600	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Médio	Médio	Médio	Depende*
Grade Estacaria viva	3600-4800	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*
Opção 2: 30600.00€ – 42300.00€							
Muro (<i>Cribwall</i>) Estacaria viva	27000-37500	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Médio	Baixo	Médio	Depende*
Grade Estacaria viva	3600-4800	Todo o ano Outubro - Abril	Bom	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*

As Figuras 85 e 86 ilustram o estado pós-intervenção de duas propostas de intervenção possíveis de implementar no ponto de amostragem (P₃ – Margens Esquerda / Direita). As soluções técnicas propostas têm como objetivo criar um efeito protetor imediato na base da margem, dada a vulnerabilidade e elevado potencial de erosão presente em ambas as margens. Para o efeito, propõem-se a utilização de enrocamento vivo (na opção 1) ou uma solução mais naturalizada e com menor impacto estético-paisagístico, o muro vivo (*Cribwall*) (na opção 2). No segundo patamar, a seleção da estrutura de grade viva assegura um efeito protetor inicial significativo e permite criar uma ligação estética entre as diferentes soluções possíveis de aplicar ao longo do troço em estudo.

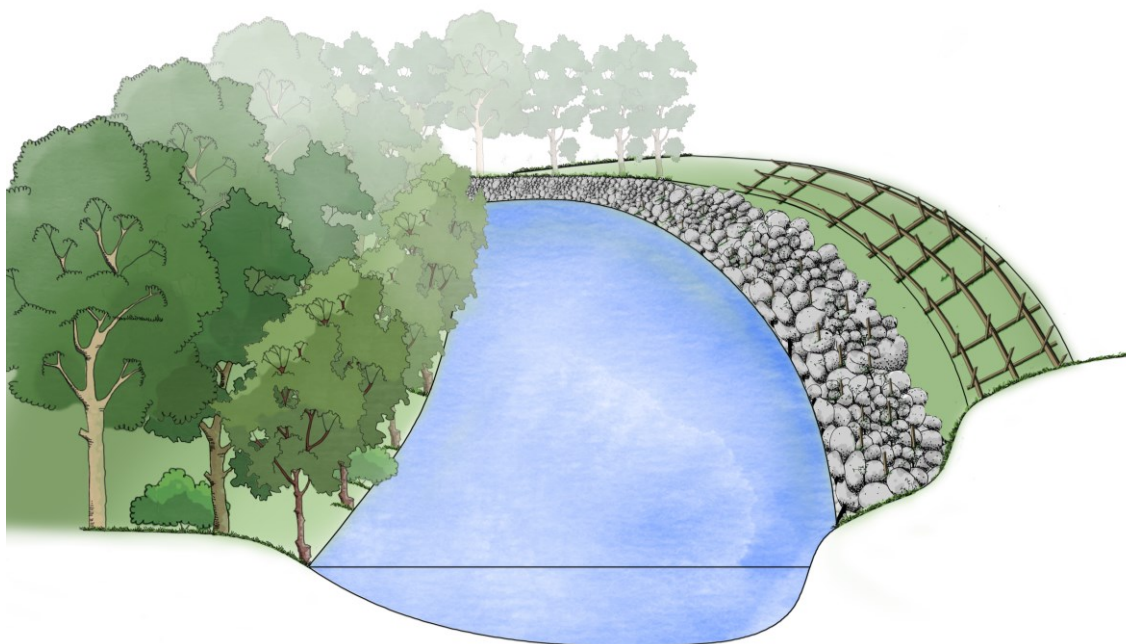


Figura 85 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P_3) (vista de montante/jusante): Opção 1- Enrocamento vivo (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar).

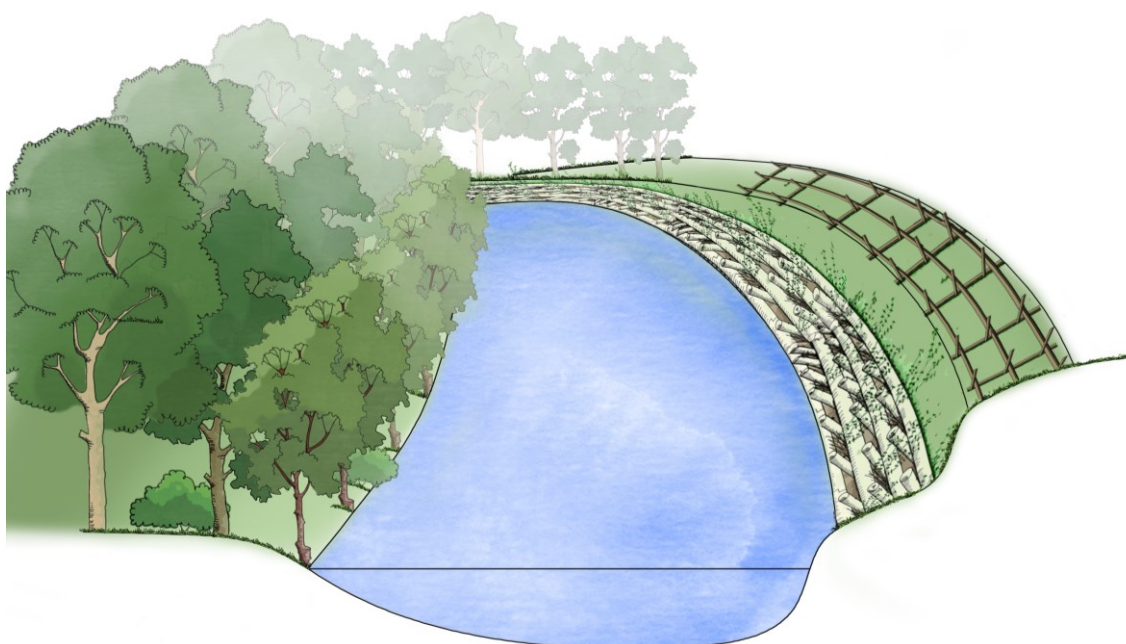


Figura 86 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Lis (P_3) (vista de montante/jusante): Opção 2- Muro vivo (*cribwall*) (primeiro patamar); e, Grade viva complementada com estacaria viva (segundo patamar).

8.2.4. Rio Arunca

A área de estudo situa-se junto ao parque da cidade, na zona urbana da cidade de Pombal, e compreende um troço do rio Arunca com uma extensão de 0.85 km. Foram realizadas três visitas de campo (novembro de 2013, novembro de 2014 e setembro de 2016), tendo-se verificado na segunda visita o desenvolvimento de trabalhos de estabilização das margens, de acordo com o projeto realizado pela CMP, referenciado no ponto 7.2.4.1. As ações de intervenção incidiram no corte e arranque dos rizomas da espécie exótica - cana (*Arundo donax*) -, na construção de micro-açudes e na modelação das margens para aplicação da solução técnica de enrocamento.

A aplicação da metodologia proposta identificou soluções técnicas que respondem aos impactos locais e se enquadram na tipologia de uso das margens, nomeadamente, nas áreas de lazer e recreio.

Quadro 51 – Quadro-resumo dos resultados da caracterização geral do estado das margens para o caso de estudo: Rio Arunca (Estarreja) - Novembro 2014.

Caso de Estudo: Rio Arunca						
LOCALIZAÇÃO						
Lugar: Pombal			Freguesia: Pombal		Concelho: Pombal	
Distrito: Leiria			Coordenadas: LAT 39°54'7.16"N / LON 8°37'48.21"W			
Bacia Hidrográfica: Arunca				Região Hidrográfica : RH4 - Centro		
PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TROÇO DE RIO (a intervencionar)						
Dados Gerais	Dimensão do troço de rio (em análise): 850 m			Tipologia de linha de água: Intermédio		
	Tipo de Escoamento: Lento			Nível de água: Dominante		
	Forma do canal: Duas fases			Modificações do canal: Construções		
	Impactos locais: Zonas de lazer / Drenagem de águas pluviais			Tipos de obstáculos: Ilha sem vegetação		
	Extensão longitudinal da vegetação: Regularmente espaçado (50%)			Pontos de instabilidade: Irregular		
	Mecanismos causadores de instabilidade: Perda de confinamento; remoção do material da margem e obstruções (açudes)			Modelação Hidráulica: Não		
Problemas / Disfunções detetados: Dado o elevado número de situações de cheias verificadas nos últimos anos neste troço de rio, toda a zona se encontra bastante vulnerável aos processos erosivos, sendo mais agravado nas áreas onde houve arranque e corte das espécies exóticas e construções de açudes.						
Classificação do estado e potencial de erosão da margem	Ponto de Amostragem (P1)		Ponto de Amostragem (P2)		Ponto de Amostragem (P3)	
	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita
	Sem Erosão	Sem Erosão	Erosão Moderada	Erosão Moderada	Sem Erosão	Sem Erosão

Como referido anteriormente, as intervenções de estabilização das margens realizadas neste troço do rio Arunca incidiram apenas na área da margem junto à construção dos micro-açudes, mantendo-se os problemas de erosão, nomeadamente nas margens onde houve corte e arranque dos rizomas de canas (ponto de amostragem – P₂). As soluções técnicas propostas a adotar neste ponto de amostragem, atenderam à caracterização geral efetuada no troço em estudo e ao processo de seleção de soluções técnicas de intervenção proposto (Quadro 52).

Quadro 52 – Quadro-resumo do processo de seleção de técnicas de intervenção em margens (soluções técnicas adequadas indicadas pela cor verde; Soluções técnicas inadequadas indicadas pela cor vermelha; (*) Indica a necessidade de ser complementada com outra solução técnica; (**) Indica a necessidade de modelação da margem de modo a diminuir a inclinação do talude – Rio Arunca: P2 (Margens Esquerda e Direita).

SOLUÇÕES TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO EM MARGENS	Ponto de Amostragem P2	
	Margens: Esquerda e Direita	
	PROCESSO DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO	
	MATRIZES DE AVALIAÇÃO (M1 + M2)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Muro de Betão Armado	Inadequada	Adequada
Muro de Gabião	Inadequada	Adequada
Gabião cilíndrico	Inadequada	Adequada
Enrocamento	Inadequada	Adequada
Colchão reno	Inadequada	Adequada
Defletor	Inadequada	Adequada
Geomalha	Adequada	Adequada
Geocélulas	Inadequada	Adequada
Sementeira	Adequada	Adequada**
Hidrossementeira	Adequada	Adequada
Manta Orgânica	Adequada	Adequada
Biorolo	Inadequada	Adequada
Estacaria Viva	Adequada	Adequada
Faxina viva	Adequada	Adequada*
Entrançado vivo	Adequada	Adequada*
Muro vivo (cribwall)	Adequada	Adequada*
Grade viva	Adequada	Adequada
Esteira viva	Adequada	Adequada**
Muro de Gabião vivo	Inadequada	Adequada
Enrocamento vivo	Inadequada	Adequada
Colchão reno vivo	Inadequada	Adequada
Defletor vivo	Inadequada	Adequada

Por análise do Quadro 52 pode concluir-se que as soluções técnicas potencialmente adequadas do ponto de vista geomorfológico (aplicação das matrizes de avaliação) utilizam a vegetação como meio de restabelecer o efeito protetor da margem, permitindo desse modo corrigir a causa do mecanismo de rotura identificado. No que diz respeito às características do local de intervenção não foram identificados quaisquer problemas para a exequibilidade das soluções técnicas propostas. A execução de determinadas soluções técnicas pode exigir a necessidade de utilização de outra solução complementar ou a realização de trabalhos de modelação do terreno.

O Quadro 53 apresenta a comparação entre duas propostas de intervenção para o ponto de amostragem (P₂- Margens Esquerda / Direita). Da análise efetuada, verifica-se uma variação do custo total de intervenção, sendo mais elevado na opção 1. Há semelhança do referido anteriormente (8.2.3.1 e 8.3.2.4), a informação complementar apresentada, é semelhante para as duas opções, pelo que a proposta de intervenção selecionada deverá resultar da capacidade financeira disponível para

a desenvolver e da necessidade ou não de ter um efeito protetor imediato, conforme já analisado na Figura 35.

Quadro 53 – Propostas de intervenção no ponto de amostragem (P2 – Margens Esquerda / Direita) acompanhadas de informação complementar, tendo em conta a componente económica, o período adequado de construção, o impacto estético-paisagístico e os impactos gerados no *habitat* pelas soluções técnicas selecionadas (Função Riparia (FR); Coberto da Vegetação (CV); Refúgios e Alimentação (RA); Diversidade de Espécies Autóctones (DEA)).

Designação dos trabalhos	Custo Total (€)	Período adequado de construção	Impacto estético-paisagístico	Impactos gerados no <i>habitat</i>			
				FR	CV	RA	DEA
Opção 1: 7680.00€ – 10400.00€							
Grade	7200-9600	Todo o ano Outubro - Abril	Razoável	Evitado	Baixo	Baixo	Depende*
Estacaria viva							
Hidrossementeira	480-800	Todo o ano*	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Evitado
Opção 2: 4800.00€ – 7200.00€							
Esteira viva	4800-7200	Outubro - Abril	Bom	Evitado	Evitado	Evitado	Depende*

As Figuras 87 e 88 ilustram o estado pós-intervenção de duas propostas de intervenção possíveis de implementar no ponto de amostragem (P₂ – Margens Esquerda / Direita). A opção 1 tem como objetivo criar um efeito protetor imediato na margem, dada a vulnerabilidade e elevado potencial de erosão presente em ambas as margens. Para o efeito, propõem-se a utilização da estrutura de grade viva complementada com estacaria viva e hidrossementeira. Na opção 2, propõem-se a modelação do terreno e a aplicação de uma solução mais naturalizada e com menor impacto estético-paisagístico, a esteira viva.

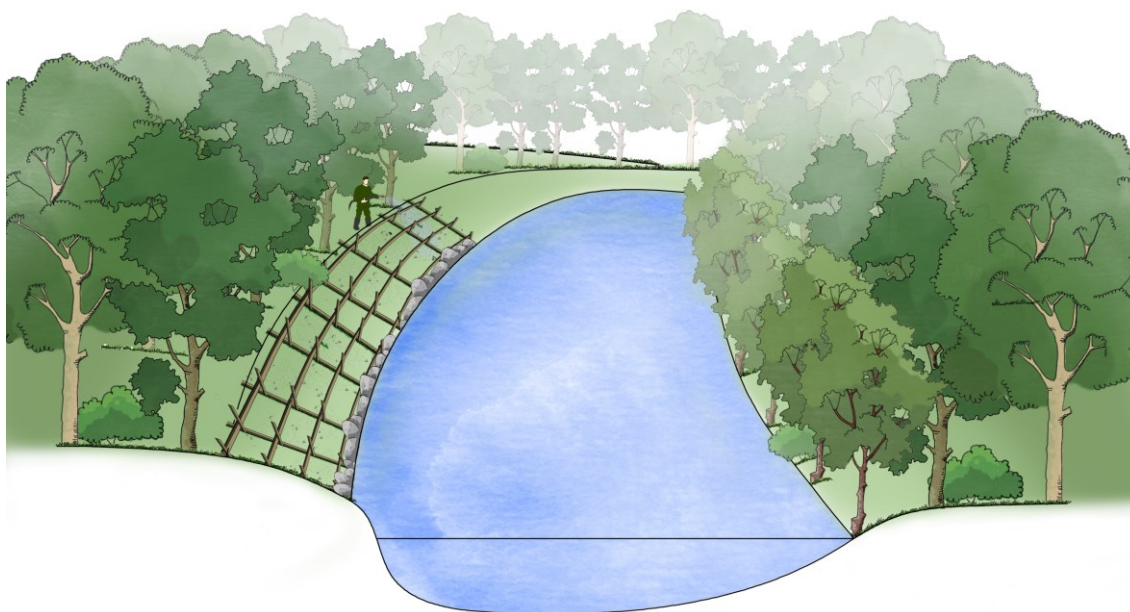


Figura 87 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Arunca (P₂) (vista de montante/jusante): Opção 1- Grade viva; e, Hidrossementeira.



Figura 88 – Estado pós-intervenção de estabilização das margens esquerda e direita do rio Arunca (P₂) (vista em alçado): Opção 2- Esteira viva.

8.2.5. Síntese

Foram selecionados 4 casos de estudo situados na região hidrográfica (RH4), nomeadamente (2) na bacia hidrográfica do Vouga (rios Antuã e Cértima); (1) na bacia hidrográfica do Lis (rio Lis); e, (1) na bacia hidrográfica do Mondego (rio Arunca). Para cada caso de estudo analisado foram desenvolvidas propostas de intervenção de estabilização das margens, baseadas na caracterização geral realizada e na identificação do diagnóstico dos principais problemas detetados.

De uma forma global, para os 4 casos de estudo analisados pôde-se concluir que as principais causas dos problemas de erosão identificados nas margens são a (i) ausência de vegetação ribeirinha ao longo das margens ou (ii) a falta de ações de conservação da vegetação, o que origina a presença de árvores tombadas sobre o leito que defletem o sentido natural do escoamento em direção à margem. No caso de (i) as margens apresentavam uma elevada suscetibilidade à erosão resultado da baixa consolidação do material e da ausência de rugosidade (que faz aumentar a velocidade do escoamento junto à margem). Por outro lado, no caso de (ii) verificou-se a existência de problemas de erosão pontual, que evoluem naturalmente, ao longo do tempo, para estados de erosão mais graves como se verificou nos casos de estudo (8.2.2 e 8.2.3).

As soluções técnicas de estabilização de margens selecionadas como opção de intervenção para cada caso de estudo têm como objetivo assegurar as funções hidráulicas, favorecer as funções ecológicas e promover a valorização económico-social do sistema fluvial em estudo. Os resultados apresentados no Quadro 54 mostram que em todos os casos de estudo foram propostas soluções técnicas de engenharia natural. Por outro lado, as soluções técnicas de engenharia tradicional foram propostas, apenas em dois casos de estudo, nos rios Antuã e Cértima. De forma semelhante, as soluções técnicas combinadas foram propostas também, apenas em dois casos de estudo, nos rios Antuã e Lis.

Quadro 54 – Soluções técnicas de estabilização de margens selecionadas como opção de intervenção para cada caso de estudo: Rio Antuã; Rio Cértima; Rio Lis; e, Rio Arunca.

Grupo	Soluções técnicas	Casos de Estudo			
		Rio Antuã	Rio Cértima	Rio Lis	Rio Arunca
TET	Muro de betão armado				
	Muro de gabião				
	Gabião cilíndrico				
	Enrocamento				
	Colchão reno				
	Defletor				
	Geomalha				
	Geocélula				
TEN	Sementeira				
	Hidrossementeira				
	Manta Orgânica				
	Biorolo				
	Estacaria viva				
	Faxinas				
	Entrançado				
	Muro vivo (cribwall)				
	Grade viva				
	Esteira viva				
TC	Enrocamento vivo				
	Gabião vivo				
	Defletor vivo				
	Colchão reno vivo				

Esta análise de resultados permite concluir que o processo de seleção traduz uma crescente sensibilidade para a utilização de soluções técnicas de engenharia natural que promovam e mantenham a conectividade do corredor ecológico e evitem a colocação de barreiras impermeáveis nas margens. Pese embora, nenhum caso de estudo tenha sido alvo de intervenção de estabilização das margens até à data, é possível afirmar que todos os casos de estudo permitiram desenvolver, aplicar e avaliar as metodologias propostas.

8.3. Resultados de monitorização do estado de conservação de soluções técnicas de intervenção e análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal expectável

Tendo por base a aplicação da 3ª etapa da proposta de metodologia apresenta-se de seguida, para cada caso de estudo, os resultados de monitorização e avaliação temporal do estado de conservação das soluções técnicas de intervenção, de acordo com a informação disponível e a análise das visitas de campo realizadas. Adicionalmente, em cada caso de estudo analisado, foram selecionadas diferentes soluções técnicas implementadas, cujo objetivo foi desenvolver uma análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável, obtida através da literatura (Pinto *et al.*, 2016). A informação resultante da análise de campo, para cada caso de estudo, pode ser consultada no anexo 7.

8.3.1. Rio Lima (Cardielos e Portuzelo)

As figuras 89 e 91 ilustram a evolução cronológica do estado de conservação das soluções técnicas de estabilização de margens implementadas nos troços de Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo no rio Lima, respetivamente. Para cada um dos troços analisados foram realizadas três visitas de campo (maio de 2013, novembro de 2014 e junho de 2016).



Figura 89 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço de Cardielos do rio Lima: (1) imediatamente após a fase de construção, em outubro de 2012; (2) aquando da 1ª visita, em maio de 2013; (3) aquando da 2ª visita, em novembro de 2014; e, (4) à data da 3ª visita, realizada em junho de 2016

No troço de Cardielos, as soluções técnicas implementadas na base da margem, nomeadamente, os esporões, defletores e enrocamento apresentam um comportamento estável, robusto e a cumprir a sua função de proteção e propiciadora de sedimentação. Esse aumento de sedimentação, resultado do acréscimo de rugosidade à margem é comprovado com a colonização de algas (bodelha) nas pedras que constituem as estruturas correspondentes a essas soluções técnicas. A presença da bodelha é um indicador positivo, na medida que aponta para a estabilidade do substrato e melhoria da biodiversidade, enquanto substrato ideal para a desova de peixes. No que diz respeito à zona do talude intervencionada, foram detetados alguns problemas: (i) no sistema de fixação da rede metálica (na ligação ao enrocamento e na união entre duas placas de rede); e, (ii) as espécies de vegetação aplicadas não apresentaram os resultados expectáveis. Tal situação é devida, por um lado à reduzida dimensão das estacas (altura inferior a 30 cm) e, por outro lado, à ausência de medidas de proteção em relação ao pisoteio (pessoas e animais). Todavia, foi possível constatar um excelente resultado na resistência à salinidade por parte das estacas de juncos (*Juncus effusus*). A solução técnica - hidrossementeira - aplicada fora da influência das marés, encontra-se bem colonizada tendo, no entanto, o mesmo problema da solução de estacaria viva, a ausência de proteção ao pisoteio. Apesar de a intervenção de estabilização da margem direita no troço de Cardielos ter permitido controlar os problemas de erosão existentes e protegido a zona de lazer na área envolvente, tal situação correspondeu apenas aos 300m de extensão mais a jusante do troço intervencionado, onde a intervenção se encontra totalmente concluída. Na restante extensão mais a montante e na zona de confluência da ribeira de Nogueira com a margem direita do rio Lima (a jusante do troço intervencionado) os problemas de erosão são evidentes, de acordo com a análise realizada durante as visitas de campo (Figura 90).



Figura 90 – Zona de confluência da ribeira de Nogueira com a margem direita do rio Lima (a jusante do troço intervencionado) e extensão a montante do troço de Cardielos no rio Lima, à data da 3ª visita realizada em junho de 2016

A intervenção realizada no troço de Sta. Marta de Portuzelo desenvolveu-se ao longo de uma curva, com a aplicação de soluções técnicas em dois patamares bem definidos. No primeiro patamar foi aplicada uma estrutura de enrocamento com o objetivo de proteger a base da margem. Pese embora essa estrutura ser constituída por pedras de 0.60m–0.80m de diâmetro, com uma base aproximada de 1 m de largura que se estende em profundidade até ao leito rochoso, identificou-se no centro de curvatura o arrastamento de pedras. As zonas de extremidade (inicial e final), na ligação do enrocamento com a margem não protegida encontra-se em elevado estado de degradação com parte da estrutura em rutura (Figura 91 – novembro 2014). No segundo patamar foi aplicada uma manta de geocélulas preenchida com uma mistura de brita, com granulometria entre 25-50 mm e terra vegetal. No sentido de evitar a lavagem do material de preenchimento, devido à constante influência das marés, foi colocada uma rede metálica, com uma malha de abertura entre 0,40-0,50 mm, revestida a polivinil verde, a qual não se mostrou muito eficaz, nomeadamente no centro da curvatura. De facto, verificou-se que a área da margem que é atingida pelo nível médio do escoamento se encontra sem o material de preenchimento da geocélula. No que diz respeito à vegetação, constatou-se uma evolução significativa no seu desenvolvimento, o que diminuiu o potencial de erosão da margem, com o aumento do coberto arbóreo (evolução cronológica - Figura 1). De forma análoga ao troço de Cardielos, a estacaria de juncos e tamargueiras (*Juncus effusus* e *Tamarix africana*) apresentou um excelente resultado na resistência à salinidade.



Figura 91 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço de Sta. Marta de Portuzelo do rio Lima: (1) imediatamente após a fase de construção, em outubro de 2012; (2) aquando da 1ª visita, em maio de 2013; (3) aquando da 2ª visita, em novembro de 2014; e, (4) à data da 3ª visita, realizada em junho de 2016

A Figura 92 ilustra a evolução temporal e correspondente classificação global qualitativa atribuída a cada uma das soluções técnicas selecionadas para análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal expectável. As soluções técnicas de engenharia tradicional – esporões e geocélulas – apresentam um desempenho ligeiramente abaixo do expectável. Tal situação resulta do anteriormente referido, nomeadamente o arrastamento de pedras e a lavagem do material de preenchimento das geocélulas, respetivamente. As soluções técnicas de engenharia natural – hidrossementeira e estacaria viva –, apesar de apresentarem bons resultados, correspondem a zonas em que pontualmente o desenvolvimento da vegetação não foi o expectável. As curvas de evolução com os resultados do desempenho observado, para cada uma das soluções técnicas selecionadas, foram desenhadas com base em quatro estados de referência: (i) imediatamente após a fase de construção (outubro de 2012); e, (ii) à data das ações de monitorização, realizadas em novembro de 2013, novembro de 2014 e junho de 2016.

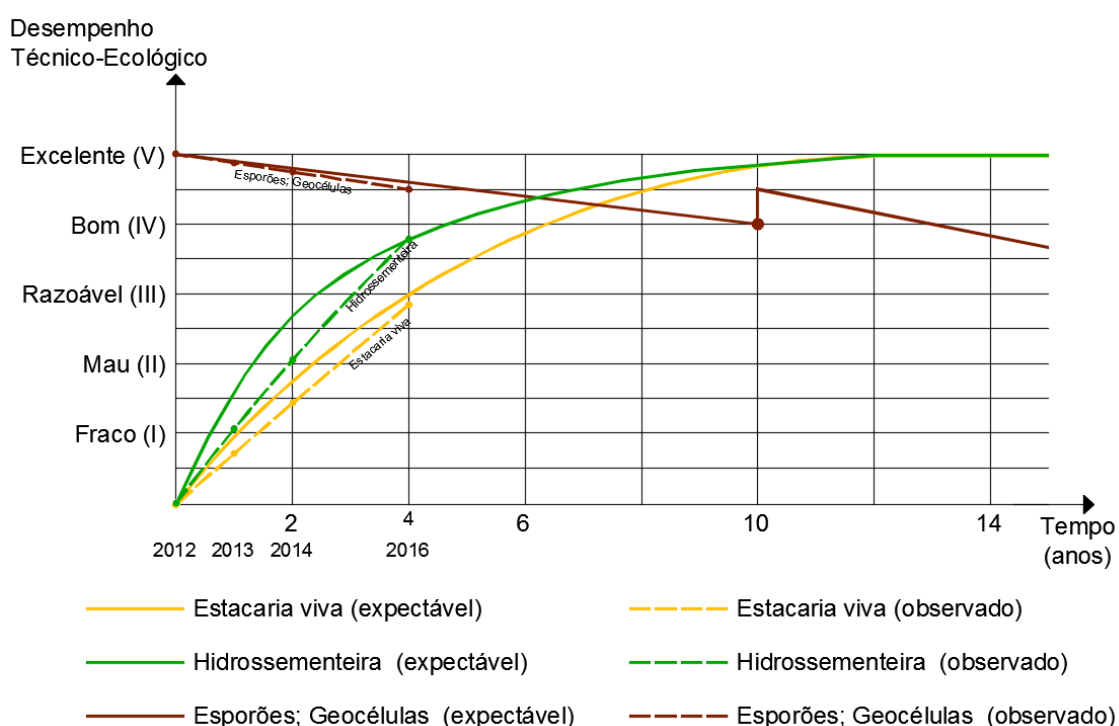


Figura 92 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação ao rio Lima

O Quadro 55 resume os resultados dos indicadores de acompanhamento e avaliação das intervenções de estabilização das margens nos dois troços do rio Lima.

Quadro 55 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação das intervenções de estabilização de margens realizadas nos dois troços do rio Lima

Objetivos Gerais	Indicadores de acompanhamento e avaliação	Resultados
Cumprimento da legislação vigente	Cumprimento dos objetivos ambientais da DQA	Sim
	Ações de monitorização/manutenção realizadas	1 (2011) + 1 (2012)
Controlo da erosão das margens	Soluções técnicas de estabilização	Ver Anexo 7.1
	Desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	Ver Anexo 7.1
Melhoria da galeria ribeirinha	Vegetação instalada	Ver Anexo 7.1
	Taxa de desenvolvimento da vegetação instalada	Ver Anexo 7.1
	Uniformidade no coberto arbóreo	Ver Anexo 7.1
	Largura da galeria ribeirinha	2.50m (Portuzelo)
Melhoria da componente socioeconómica	População que beneficia diretamente com a intervenção	5000 Habitantes (Portuzelo) 20000 Habitantes (Cardielos)
	Acessibilidade	1 Ponto de Acesso (Portuzelo) 5 Pontos de Acesso (Cardielos)
	Valorização económica do uso do solo da margem	100m (Portuzelo) 300m (Cardielos)
	Capacidade de ocupação pública	1000m (Cardielos)
	Instalações recreativas	1000m (Cardielos)
	Caminhos pedonais e cicláveis	100m (Portuzelo) 300m (Cardielos)
Promoção e divulgação do projeto de intervenção	Ações de sensibilização, promoção e divulgação	1 (2012)

8.3.2. Ribeira da Granja

A Figura 93, ilustra a evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas, nos dois troços da ribeira da Granja. No âmbito deste trabalho, foram realizadas três visitas de campo (abril de 2014, junho de 2014 e junho de 2016).

Este caso de estudo apresenta uma característica distinta de todos os outros analisados, uma vez que se trata de uma linha de água urbana, situada junto a uma zona edificada. Como referido anteriormente (ponto 7.3.2.1), as intervenções realizadas tiveram como objetivo o desentubamento da linha de água e a reabilitação e estabilização das margens fluviais, promovendo a conectividade com a área envolvente. A Figura 93 – março 2012, apresenta o estado do troço da Quinta do Rio imediatamente após a intervenção. As visitas de campo realizadas a este troço, permitiram verificar bons resultados na estabilização das margens com as soluções técnicas (enrocamento, estacaria viva e hidrossementeira). O desenvolvimento da vegetação aplicada por estacaria viva acompanha a curva de desempenho expectável, como demonstrado na Figura 94. Por outro lado, no troço do Viso, as soluções técnicas aplicadas (enrocamento vivo, faxinas vivas e entrançado vivo) apresentam um

resultado abaixo do expectável. A solução técnica de enrocamento vivo apresenta robustez física, no entanto, a vegetação aplicada por estacaria viva não germinou, tanto como o expectável, daí o resultado apresentado (Figura 94). A estrutura de faxinas vivas e de entrançado vivo encontram-se em elevado estado de degradação, resultado da ausência de ações de monitorização e manutenção desta área.



Figura 93 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas nos dois troços da ribeira da Granja: (1) imediatamente após a fase de construção, em março de 2012; (2) aquando da 1ª visita, em abril de 2014; (3) aquando da 2ª visita, em junho de 2015; e, (4) à data da 3ª visita, realizada em junho de 2016

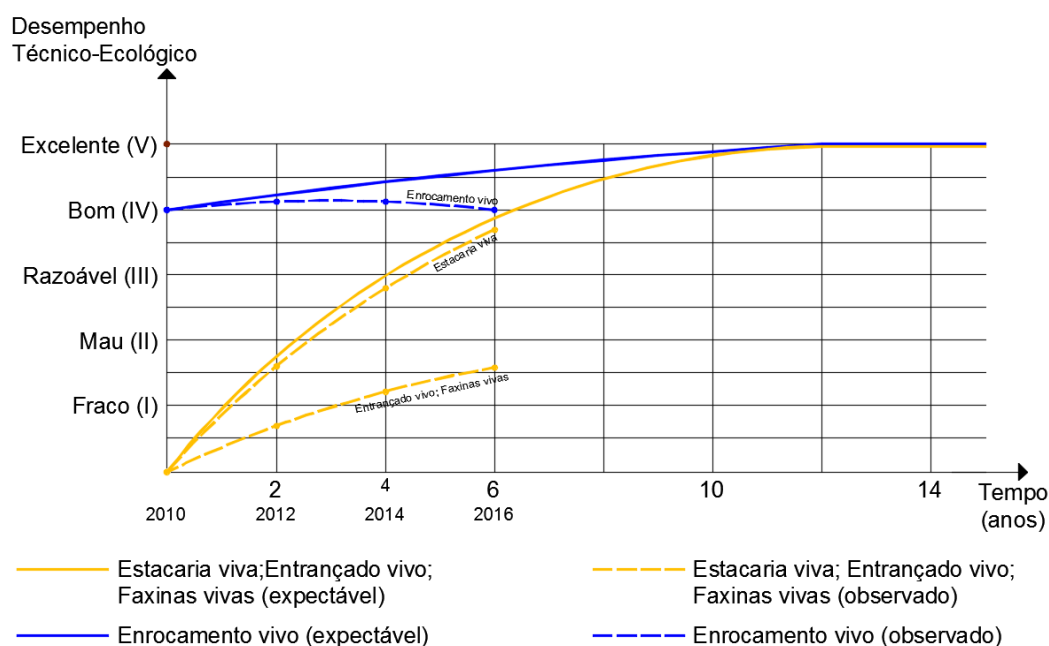


Figura 94 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação à ribeira da Granja

O Quadro 56 resume os resultados dos indicadores de acompanhamento e avaliação das intervenções de estabilização das margens nos dois troços da ribeira da Granja.

Quadro 56 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação das intervenções de estabilização de margens realizadas nos dois troços da ribeira da Granja

Objetivos Gerais	Indicadores de acompanhamento e avaliação	Resultados
Cumprimento da legislação vigente	Cumprimento dos objetivos ambientais da DQA	Sim
	Ações de monitorização/manutenção realizadas	0
Controlo da erosão das margens	Soluções técnicas de estabilização	Ver Anexo 7.2
	Desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	Ver Anexo 7.2
Melhoria da galeria ribeirinha	Vegetação instalada	Ver Anexo 7.2
	Taxa de desenvolvimento da vegetação instalada	Ver Anexo 7.2
	Uniformidade no coberto arbóreo	Ver Anexo 7.2
	Largura da galeria ribeirinha	7.5m
Melhoria da componente socioeconómica	População que beneficia diretamente com a intervenção	40000 Habitantes
	Acessibilidade	5 Pontos de acesso
	Valorização económica do uso do solo da margem	570m
	Capacidade de ocupação pública	570m
	Instalações recreativas	0m
Promoção e divulgação do projeto de intervenção	Caminhos pedonais e cicláveis	570m
	Ações de sensibilização, promoção e divulgação	5
	Documentos/Relatórios de acompanhamento	2

8.3.3. Ribeira de Odelouca

As figuras 95, 96 e 97 ilustram a evolução cronológica do estado de conservação das soluções técnicas de estabilização de margens implementadas nos troços 1, 2 e 3 da ribeira de Odelouca, respetivamente. Foram realizadas duas visitas de campo (julho de 2014 e junho de 2016), tendo-se constatado que as intervenções de estabilização de margens realizadas nesses três troços permitiram controlar as principais áreas de erosão elevada existentes e asseguraram uma perfeita adaptação e enquadramento paisagístico à área envolvente.

A análise de campo ao troço 1 permitiu constatar um excelente resultado com a contenção dos processos erosivos e a germinação da vegetação na base da margem, escondendo quase por completo o muro de gabião vivo realizado, como é visível pela sequência de fotografias na Figura 95. No entanto, a vegetação instalada no talude por estacaria viva não evoluiu conforme o desejado, não ultrapassando, à data da última ação de monitorização realizada (em junho de 2016), uma taxa de sucesso de 60%.



Figura 95 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço 1 da ribeira de Odelouca: (1) antes da intervenção, em junho de 2011; (2) na fase de construção, em abril de 2012; (3) aquando da 1ª ação de monitorização, em julho de 2014; e, (4) à data da 2ª ação de monitorização, realizada em junho de 2016

De forma semelhante, no troço 2 (Figura 96), apesar do enorme esforço de manutenção da vegetação (talude), a taxa de sucesso de desenvolvimento da vegetação aplicada por estacaria viva não ultrapassou os 40%. Neste caso em concreto, essa situação resulta da forte presença de animais de pastoreio no local de intervenção e da baixa densidade de estacas aplicadas (espaçadas de 1.5m).



Figura 96 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço 2 da ribeira de Odelouca: (1) antes da intervenção, em junho de 2011; (2) na fase de construção, em maio de 2012; (3) aquando da 1ª ação de monitorização, em julho de 2014; e, (4) à data da 2ª ação de monitorização, realizada em junho de 2016

A implementação da solução técnica – muro vivo *cribwall* – na base da margem conduziu a um excelente resultado na contenção dos processos erosivos e no enquadramento com o espaço natural envolvente, como é visível na sequência de fotografias da Figura 97. Por outro lado, a estacaria viva aplicada na parte superior do talude apresentou, à data da última visita realizada, uma taxa de sucesso de apenas 60%, devido essencialmente à presença de rebentos da vegetação exótica (*Arundo donax*) que, entretanto, surgiram.

Apresenta-se na Figura 98 a evolução temporal e correspondente classificação global qualitativa atribuída a cada uma das soluções técnicas selecionadas para análise comparativa entre o desempenho observado e a evolução temporal expectável. As soluções técnicas selecionadas - muro gabião vivo, enrocamento e muro vivo *cribwall* -, ainda que naturalmente com base num período de observação curto (4 anos), apresentam um nível de desempenho técnico e ecológico acima do teórico-expectável desde a implementação, nomeadamente com importante contribuição da componente ecológica. As restantes duas soluções técnicas – enrocamento vivo e estacaria viva – apresentam uma evolução ligeiramente abaixo do expectável (Figura 98). Tal situação é devida essencialmente à presença de vegetação exótica (*Arundo donax*) que, apesar de removida no âmbito da intervenção de estabilização realizada e, posteriormente, com a aplicação do plano de monitorização, tem maior capacidade de proliferação do que as espécies autóctones instaladas, limitando desenvolvimento destas (Pinto et al., 2016). As curvas de evolução com os resultados do desempenho observado, para cada uma das soluções técnicas selecionadas, foram desenhadas com base em três estados de referência: (i) imediatamente após a fase de construção (abril de 2012, maio de 2012 e novembro de 2012, Figuras 95, 96 e 97); e, (ii) à data das ações de monitorização, realizadas em julho de 2014 e junho de 2016.



Figura 97 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço 3 da ribeira de Odelouca: (1) antes da intervenção, em junho de 2012; (2) imediatamente após a fase de construção, em novembro de 2012; (3) aquando da 1ª ação de monitorização, em julho de 2014; e, (4) à data da 2ª ação de monitorização, realizada em junho de 2016

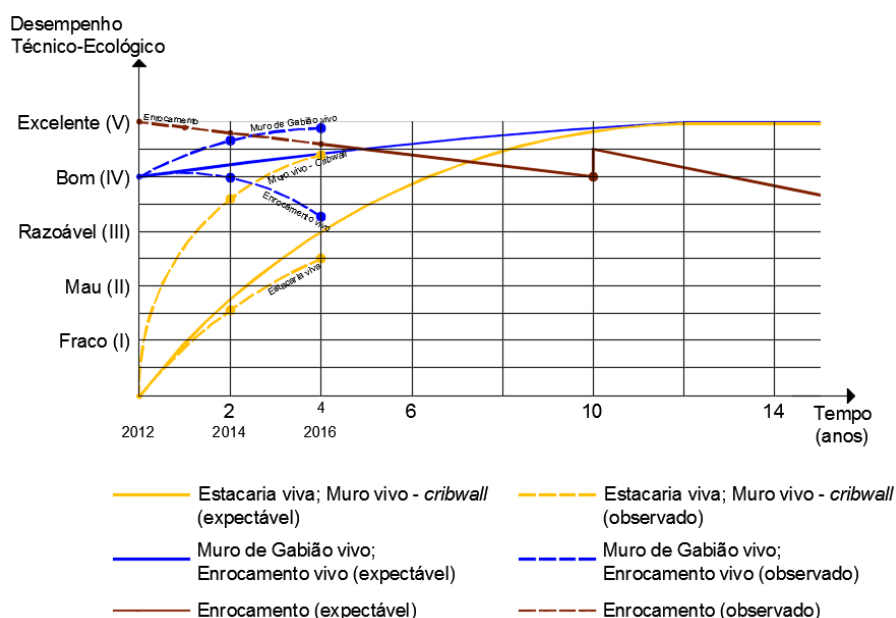


Figura 98 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação à Ribeira de Odelouca (adaptado de Pinto *et al.*, 2016)

O Quadro 57 resume os resultados dos indicadores de acompanhamento e avaliação das intervenções de estabilização das margens nos três troços da ribeira de Odelouca.

Quadro 57 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação das intervenções de estabilização de margens realizadas nos três troços da Ribeira de Odelouca

Objetivos Gerais	Indicadores de acompanhamento e avaliação	Resultados
Cumprimento da legislação vigente	Cumprimento dos objetivos ambientais da DQA	Sim
	Ações de monitorização/manutenção realizadas	2 Ações/ano (2013/2014) 1 Ação /ano (2015/2016)
Controlo da erosão das margens	Soluções técnicas de estabilização	Ver Anexo 7.3
	Desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	Ver Anexo 7.3
Melhoria da galeria ribeirinha	Vegetação instalada	Ver Anexo 7.3
	Taxa de desenvolvimento da vegetação instalada	Ver Anexo 7.3
	Uniformidade no coberto arbóreo	Ver Anexo 7.3
	Largura da galeria ribeirinha	15m
Melhoria da componente socioeconómica	População que beneficia diretamente com a intervenção	2500 Habitantes
	Acessibilidade	5 Pontos de acesso
	Valorização económica do uso do solo da margem	805m
	Capacidade de ocupação pública	330m
	Instalações recreativas	0m
	Caminhos pedonais e cicláveis	0m
Promoção e divulgação do projeto de intervenção	Ações de sensibilização, promoção e divulgação	2
	Documentos/Relatórios de acompanhamento	3

8.3.4. Ribeira de Algibre

A Figura 99, ilustra a evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas, no troço da ribeira de Algibre. No âmbito deste trabalho, foram realizadas duas visitas de campo (julho de 2014 e junho de 2016).

Como se pode ver pelo estado anterior à intervenção – elevada erosão na margem direita (Figura 99 – junho de 2005) – era urgente a necessidade de proteção dessa margem, tendo sido aplicados, conforme já anteriormente referido (em 7.3.4.1.), diversos tipos de soluções técnicas: na base da margem (muros de gabião; enrocamento; gabião cilíndrico e muro vivo – *cribwall*) e, no talude (grade viva e estacaria viva complementada com manta orgânica), estas últimas visíveis pela observação do estado logo após a intervenção (Figura 99 - julho de 2006). Pôde constatar-se que, passados quatro anos, as soluções técnicas que incluíram a componente de vegetação não conduziram a um aumento da resistência da margem aos processos erosivos (Figura 99 – janeiro de 2010). Na visita de campo realizada em julho de 2014 constatou-se que a estrutura inerte de troncos de madeira das soluções técnicas (muro vivo - *cribwall* e grade viva) estava em avançado estado de decomposição, não tendo qualquer efeito de proteção na proteção da margem. Entretanto, aquando da última visita de campo (Figura 99 – junho de 2016), essa mesma estrutura inerte já não existia. Em relação às soluções técnicas de engenharia tradicional, por força da sua natureza, encontravam-se em bom estado e a desempenhar as suas funções de proteção, tendo, no entanto, sido identificados problemas nas zonas de extremidade, na ligação (dos muro de gabiões e do enrocamento) com a margem não

protegida mantida. A ausência de ações de monitorização/manutenção às estruturas de proteção de margens instaladas, após a intervenção, destaca-se como o principal ponto fraco da intervenção.



Figura 99 – Evolução cronológica do estado de conservação das estruturas correspondentes às soluções técnicas de estabilização de margens implementadas no troço da Ribeira de Algibre: (1) antes da intervenção, em junho de 2005; (2) imediatamente após a fase de construção, em julho de 2006 (APA-Algarve, 2012); (3) cerca de quatro anos após, em janeiro de 2010 (Google Earth, 2014)); e, (4) à data da última ação de monitorização, realizada em junho de 2016

Como se pode observar pela Figura 100 (correspondente à avaliação da intervenção na ribeira de Algibre, realizada já há 10 anos), a utilização das soluções técnicas de muro de suporte vivo - *cribwall* e grade viva correspondem à maior variação entre os resultados observados e os resultados teoricamente expectáveis. Neste tipo de estruturas de estabilização de margens, que combinam plantas com material inerte (madeira) é expectável que a eficiência técnica e ecológica seja crescente ao longo do tempo (Liu *et al.*, 2014). O material inerte servirá como suporte até que esse efeito de estabilização seja substituído por um adequado desenvolvimento dos sistemas radiculares da vegetação. Entretanto, nas visitas de campo realizada verificou-se que os troncos de madeira estavam em elevado estado de degradação e que a vegetação utilizada não conseguiu desenvolver o efeito de estabilização esperado. As soluções técnicas de muro de gabião e enrocamento apresentam uma eficiência máxima no início da construção, existindo diminuição da eficiência ao longo do tempo devido à degradação da própria estrutura, o que requer a realização de tarefas de manutenção (normalmente ao fim de 10 anos) (Cramer, 2002; Zeh, 2007). A estacaria viva aplicada no talude apresentou um resultado ligeiramente abaixo da linha de evolução expectável.

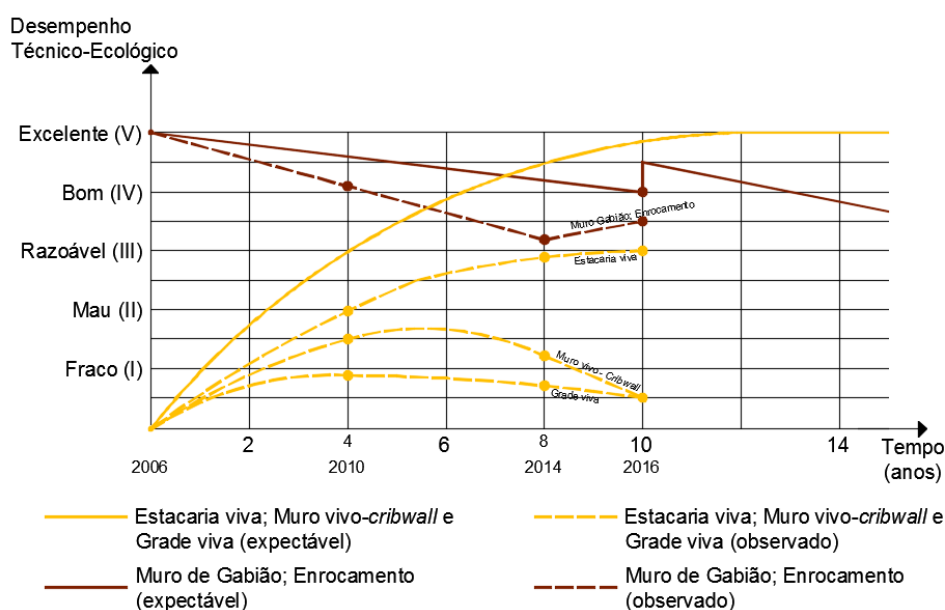


Figura 100 – Análise comparativa entre os resultados de desempenho observado e a evolução temporal teórico-expectável (componentes física e ecológica) – aplicação à Ribeira de Algibre (adaptado de Pinto *et al.*, 2016)

O Quadro 58 resume os resultados dos indicadores de acompanhamento e avaliação da intervenção de estabilização das margens na ribeira de Algibre.

Quadro 58 – Indicadores de acompanhamento, avaliação e divulgação da intervenção de estabilização de margens realizada na Ribeira de Algibre

Objetivos Gerais	Indicadores de acompanhamento e avaliação	Resultados
Cumprimento da legislação vigente	Cumprimento dos objetivos ambientais da DQA	Sim
	Ações de monitorização/manutenção realizadas	0
Controlo da erosão das margens	Soluções técnicas de estabilização	Ver Anexo 7.4
	Desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	Ver Anexo 7.4
Melhoria da galeria ribeirinha	Vegetação instalada	Ver Anexo 7.4
	Taxa de desenvolvimento da vegetação instalada	Ver Anexo 7.4
	Uniformidade no coberto arbóreo	Ver Anexo 7.4
	Largura da galeria ribeirinha	Ver Anexo 7.4
Melhoria da componente socioeconómica	População que beneficia diretamente com a intervenção	800 Habitantes
	Acessibilidade	1 Ponto de acesso
	Valorização económica do uso do solo da margem	80m
	Capacidade de ocupação pública	80m
	Instalações recreativas	0m
	Caminhos pedonais e cicláveis	80m
Promoção e divulgação do projeto de intervenção	Ações de sensibilização, promoção e divulgação	1
	Documentos/Relatórios de acompanhamento	3

8.3.5. Síntese

Na presente secção foi efetuada uma análise e discussão de resultados obtidos a partir da aplicação da proposta de metodologia de estabilização de margens fluviais desenvolvida nesta tese, nomeadamente dos resultados que correspondem à aplicação da 3ª etapa, com a monitorização/avaliação de intervenções de estabilização de margens já realizadas (ponto 8.3).

Para verificar, testar e aferir a aplicabilidade da metodologia proposta foram considerados 4 casos de estudo (com áreas de intervenção junto a zonas urbanas, parques de lazer e terrenos agrícolas), para avaliação do estado de conservação e evolução temporal das soluções técnicas implementadas. A análise dos resultados dos diferentes casos de estudo, mostrou que a metodologia proposta é exequível em campo, validando os procedimentos de recolha de dados, nas diversas escalas temporais e espaciais propostas.

Com a análise de resultados verificou-se que, onde foi aplicado um plano de monitorização de pós-intervenção, as intervenções apresentaram melhores resultados, nomeadamente na ribeira de Odelouca. De facto, a necessidade de desenvolver ações de monitorização varia em função do tipo de solução técnica e da tipologia de linha de água em estudo. As soluções técnicas de engenharia natural, como anteriormente referido, carecem de uma atenção mais cuidada nos primeiros três anos de intervenção, uma vez que o nível de desenvolvimento da vegetação define o desempenho técnico-ecológico observado ao longo do tempo. Contudo, é necessário, também, selecionar soluções técnicas que se adequem às condições do local de intervenção. Indica-se como exemplo, o caso de estudo da ribeira de Algibre, uma ribeira com escoamento sazonal, onde a escolha das espécies de vegetação deveria ter considerado essas condições.

A realização sistemática da avaliação de desempenho do estado de conservação de soluções técnicas implementadas permite obter informação acerca do estado evolutivo que essas soluções técnicas apresentam ao longo do tempo. A informação resultante das ações de monitorização realizadas para cada caso de estudo está presente numa base de dados que se encontra em constante e permanente atualização. Como resultado, desde já, é possível identificar, quais os principais fatores de stress e áreas que exigem maior esforço de intervenção, bem como validar as melhores condições para a instalação de uma estrutura de proteção de margens e promover as medidas que mais contribuem para alcançar o sucesso do processo de seleção a médio/longo prazo.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURO

9.1. Sumário e principais conclusões

Salientam-se, no presente capítulo, os principais tópicos e conclusões retiradas dos diferentes capítulos em que a presente dissertação se encontra estruturada e que se descrevem em seguida.

As ações de estabilização de margens fluviais podem ser realizadas para dar cumprimento a diferentes objetivos, designadamente: garantir a segurança de infraestruturas públicas; proteger ou prevenir o colapso de terrenos privados ou até a criação de abrigos/refúgios para aumentar a biodiversidade do local de intervenção. No entanto, os impactos gerados por uma intervenção podem produzir enormes consequências para a estabilidade e equilíbrio dinâmico de uma linha de água. Tendo por base a necessidade de entender os conceitos e os processos associados à erosão e à estabilização de margens, no capítulo 2 foi efetuado um enquadramento conceptual do estudo a desenvolver. Assim, são destacados e sistematizados os conceitos associados à morfologia e dinâmica fluvial, salientando os processos fluviais de erosão e sedimentação. Todavia, no âmbito do presente estudo é atribuído mais ênfase ao processo erosivo da margem com a identificação do problema e dos principais mecanismos causadores de instabilidade. Para enquadrar/contextualizar este problema no âmbito da gestão dos recursos hídricos e das orientações propostas pela União Europeia e Agência Portuguesa do Ambiente nesta temática, foram descritas as principais linhas orientadoras no âmbito da proteção do solo e do enquadramento legal e institucional a seguir em Portugal.

Atendendo a esse enquadramento conceptual, no capítulo 3 foi apresentada uma revisão do estado do conhecimento e dos principais desenvolvimentos a nível mundial, na identificação e avaliação do estado e potencial de erosão das margens; na seleção de soluções técnicas de intervenção, identificando as várias metodologias de caracterização/avaliação e contributos dados nesse domínio; e, linhas orientadoras ao nível das ações de monitorização de intervenções em margens fluviais. Como principais conclusões dessa revisão é possível apontar que: (i) os principais métodos de avaliação do estado de erosão das margens são desenvolvidos com base em necessidades locais ou nacionais, podendo não se adequar à avaliação de outras regiões; (ii) a avaliação do estado da margem deve ser realizada segundo uma visão holística, baseada na análise em diferentes escalas espaciais e temporais; (iii) os processos de seleção de soluções técnicas são, ainda, muito empíricos; (iv) a ausência de avaliações pós-intervenção não permite aumentar a confiança na tomada de decisão em futuros projetos; (v) existe a necessidade de sistematização de um processo de

monitorização pós-intervenção que avalie e compare a evolução temporal potencialmente expectável das soluções técnicas de intervenção implementadas, que possa fornecer dados de forma consistente para auxiliar na tomada de decisões em situações futuras.

No capítulo 4 foi desenvolvida e proposta uma metodologia para seleção de soluções técnicas de estabilização de margens, dividida em três etapas sequenciais. O esquema geral da metodologia: 1ª etapa – Identificação e Avaliação do Estado da Margem – o reconhecimento é feito através de visitas de campo, por observação direta e caracterização dos principais parâmetros, culminando com a atribuição de uma classificação qualitativa do estado da margem; 2ª etapa – Seleção de Técnicas de Intervenção em Margens – nesta etapa foram descritos dois processos complementares para a seleção de soluções técnicas de intervenção, nomeadamente: (i) aplicação de matrizes de avaliação; e, (ii) análise da adequabilidade das soluções técnicas de intervenção selecionadas como adequadas (resultantes do processo de aplicação das matrizes) às condições físicas do local de intervenção e características do escoamento; 3ª etapa – Monitorização de Intervenções em Margens Fluviais – foi apresentada uma proposta de metodologia dividida em duas fases principais: (i) a avaliação temporal do estado de conservação das soluções técnicas de estabilização de margens implementadas; e, (ii) a análise comparativa entre o desempenho observado (em resultado de (i)) e a evolução temporal expectável.

No capítulo 5 foi feita uma descrição mais pormenorizada da 2ª etapa da proposta de metodologia, descrevendo as principais soluções técnicas de estabilização de margens selecionadas para integrar neste estudo e, em particular, os limites de admissibilidade de cada solução técnica para os diferentes critérios de seleção apresentados.

Por outro lado, no capítulo 6 foi apresentada a proposta de metodologia de monitorização cujo objetivo é dar contributos práticos para as fases de acompanhamento e avaliação de intervenções em margens fluviais já executadas. A informação resultante da aplicação desta proposta de metodologia aos casos de estudo permitiu, desde logo, o desenvolvimento de um esquema geral para a definição da estrutura de uma base de dados com informações sobre os principais fatores de sucesso de uma intervenção, bem como as respetivas desvantagens e limitações hidráulicas, ecológicas e geométricas das soluções técnicas implementadas.

No capítulo 7 foram descritas as principais características dos diversos casos de estudo, em particular, das zonas que foram alvo de análise e aplicação da proposta de metodologia, nomeadamente: (i) as características físicas, hidráulicas e ecológicas dos troços em estudo; (ii) a identificação de condicionamentos ou fatores de ameaça; e, (iii) os motivos da necessidade de intervenção já realizada.

No Capítulo 8, de análise e discussão de resultados, verificou-se um comportamento satisfatório da aplicação da metodologia geral proposta, tendo por base a análise dos resultados obtidos para cada caso de estudo. Refira-se, ainda, que a proposta de metodologia se mostrou bastante resiliente, na medida em que foi capaz de dar resposta a diferentes casos de estudo com características distintas entre si. Por outro lado, a aplicação sistemática da metodologia de monitorização a intervenções já realizadas permite, de uma forma contínua, estar em constante processo de aprendizagem,

fornece informação que reforça a confiança na tomada de decisão do processo de seleção de soluções técnicas. Por fim, salientou-se a importância da criação da base de dados, com a disponibilização de dados de forma sistemática, contínua e fidedigna, para uma correta avaliação e diagnóstico deste tipo de situações e para uma melhor fundamentação, calibração dos valores limite admissíveis de tolerância e validação das curvas de desempenho temporal observado, associados a cada solução técnica.

O trabalho desenvolvido pretendeu contribuir com informação relevante no que diz respeito às ações de intervenção de estabilização de margens fluviais e consequente acompanhamento pós-intervenção, por forma a assegurar o processo de tomada de decisão mais informado, por parte dos proprietários ou de entidades públicas com responsabilidade neste domínio.

9.2. Recomendações futuras

Os trabalhos de investigação efetuados no âmbito da reabilitação fluvial e, em concreto, da estabilização de margens têm tido um aumento exponencial, em resultado da implementação da Diretiva Quadro da Água e da premência de dar cumprimento aos objetivos nela definidos. Por outro lado, os trabalhos de investigação desenvolvidos no âmbito de uma dissertação de doutoramento são utilizados, habitualmente, como o ponto de partida para outros, com o objetivo de melhorar e/ou completar o trabalho desenvolvido.

No presente subcapítulo são apresentadas recomendações consideradas como fundamentais para o melhoramento das metodologias propostas neste trabalho e alguns potenciais desenvolvimentos futuros que surgiram no decurso do trabalho realizado e, que por falta de recursos ou de tempo, não foram explorados de forma conveniente.

Assim, recomenda-se:

- a aplicação contínua e sistemática das metodologias propostas, em diferentes tipologias de linhas de água;
- a monitorização de intervenções já realizadas, para avaliar o estado evolutivo das soluções técnicas implementadas e criação de um registo permanentemente atualizado a incorporar numa base de dados;
- a amplificação da base de dados com partilha livre e gratuita para a população e entidades com responsabilidades neste domínio;
- Estudar e propor indicadores de avaliação com valores de referência por tipo de solução técnica de estabilização de margem;
- Incorporar nos serviços públicos (e.g. APA, ARH, Municípios) os princípios e metodologias propostas neste trabalho, nomeadamente na análise e apreciação de processos de intervenção em margens fluviais.

Por fim, como potenciais desenvolvimentos futuros do trabalho agora apresentado, sugere-se:

- o desenvolvimento de uma aplicação informática que possibilite a implementação da metodologia proposta através de um sistema móvel e, que facilite a organização e compilação da informação relevante a incorporar na base de dados;
- a criação de uma listagem de espécies de vegetação recomendadas para aplicação em intervenções em margens fluviais, por tipologia de linha de água e por bacia hidrográfica;
- a validação/calibração das curvas de desempenho teórico-expectável correspondentes a cada grupo de soluções técnicas de estabilização de margens;
- a aplicação de uma análise de Risco & Incerteza associada a intervenções de estabilização de margens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AdP, (2010). Águas do Porto, Câmara Municipal do Porto, Projecto Ribeiras do Porto. Controlo de cheias e regularização fluvial da ribeira da granja: desentubamento e requalificação do leito e margens do troço da quinta do rio – fase 1. Projecto de execução - memória descritiva e justificativa.
- AdP, (2011). Águas do Porto, Câmara Municipal do Porto, Projecto Ribeiras do Porto. Reabilitação das ribeiras do Porto – Troços da ribeira da Granja e da Asprela, enquadrada no Acordo de Parceria e Colaboração Técnica e Financeira entre a Administração de Região Hidrográfica do Norte, I.P., Município do Porto e CMPEA – Empresa Águas do Porto, E.M. Comparticipação – Fundo de Proteção de Recursos Hídricos. Memória descritiva e justificativa.
- Águas do Algarve, 2011. Valorização e Requalificação de Galerias Ribeirinhas na Ribeira de Odelouca. Intervenções a realizar. Termos de referência respeitantes à Empreitada.
- Allen, H.H., Leech, J.R., 1997. Bioengineering for Streambank Erosion Control, Report 1: Guidelines. US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station Technical Report. pp. EL-97–98.
- Almeida *et al.*, (2009). Zonas Ribeirinhas Sustentáveis. Um guia de gestão. ISA Press. Lisboa, Portugal.
- Aksoy, H., Kavvas, M. L. (2005). A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models. *Catena*, Vol. 64(2-3), pp.247-271. doi: 10.1016/j.catena.2005.08.008
- Anstead, L., Boar, R., Tovey, N., (2012). The effectiveness of a soil bioengineering solution for river bank stabilisation during flood and drought conditions: two case studies from East Anglia. *Area* Vol. 44 No. 4, pp. 479–488, 2012. ISSN 0004-0894. Royal Geographical Society.
- Antão, C. (2012). Seleção e dimensionamento de estruturas de proteção de margens de rios. Aplicações Práticas. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- APA (2016), Agência Portuguesa do Ambiente – Planos de Gestão de Região Hidrográfica, disponível online em [<http://www.apa.pt>] (consulta mais recente em Setembro 2016).
- ASCE, (1998). Task Committee on Hydraulics, Bank Mechanics, and Modeling of River Width Adjustment. River width adjustment: I. Processes and mechanisms. *Journal of Hydraulic Engineering* 124, pp. 881– 902.
- Aleixo, R. J. F. (2006). Estudos de Sedimentação e Transporte Empregando Novas Técnicas Analíticas e Experimentais. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- AQEM Consortium., (2002). Manual for the application of the AQEM system: a comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the water framework directive, Version 1.0. EVK1-CT1999-0002, AQEM, Essen, 198p.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J. B., (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Beeson, C. E., Doyle, P. F. (1995). Comparison of bank erosion at vegetated and non-vegetated channel bends . *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* Vol. 31, No. 6, pp. 983-990, Wiley InterScience.

- Belletti, B., Rinaldi, M., Buijse, A.D., Gurnell, A.M., Mosselman, E., (2015). A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environ Earth Sciences*, Vol. 73, pp: 2079–2100.
- Bernhardt, E.S., Palmer M.A., Allan, J.D., *et al.*, (2005). Synthesizing US river restoration efforts. *Science*, Vol. 308, pp. 636–637.
- Bernhardt, E.S., Palmer M.A., (2007). Restoring streams in an urbanizing world. *Freshwater Biology* (2007) Vol. 52, pp. 738–751. doi:10.1111/j.1365-2427.2006.01718.x
- Bernhardt, E.S., Sudduth, E.B., Palmer, M.A., Allan, J.D., Meyer, J.L., Alexander, G., *et al.*, (2007). Restoring rivers one reach at a time: results from a survey of U.S. river restoration practitioners. *Restoration Ecology*, Vol. 15, pp. 482–493.
- Biedenharn, D.; Elliott, C.; Watson, C. (1997) – U.S. Army Engineer – Waterways Experiment Station (WES) – Vicksburg, Mississippi.
- Bogardi J. J., Dudgeon D., Lawford R., Flinkerbusch E., Meyn A., Pahl-Wostl C., Vielhauer, K., Vörösmarty C. (2012). Water Security for a Planet Under Pressure: Interconnected Challenges of a Changing World Call for Sustainable Solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*; Vol. 4, pp. 35–43.
- Brierley, G.J; Fryirs, K.A., (2008). *River Futures. An integrative scientific approach to river repair.* Island Press, Washington, USA.
- Brierley G., Fryirs K., Outhet D., Massey C., (2002). Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*.
- Buchanan, B., Walter, M., Nagle, G., Schneider, R., (2012). Monitoring and assessment of a river restoration project in central New York. *River Research and Applications*, Vol. 28, pp. 216-233. DOI: 10.1002/rra.1453
- Carapeto, A. (2006). Avaliação de condicionantes ambientais a *Narcissus willkommii* – Bases para estratégias de conservação. Universidade do Algarve.
- Cardoso, A. H. (1998). *Hidráulica Fluvial.* Fundação Calouste Gulbenkian.
- Casagli, N., Rinaldi, M., Gargini, A., Curini, A., (1999). Pore water pressure and streambank stability: results from a monitoring site on the Sieve river, Italy. *Earth Surf. Process. Landforms* Vol: 24, pp. 1095±1114.
- Cavaillé, P., Dommangeta, F., Daumerguea, N., Loucougaraya, G., Spiegelbergera, T., Tabacchib, E., Evette, A., (2013). Biodiversity assessment following a natural gradient of riverbank protection structures in French prealps rivers. *Ecological Engineering*, Vol. 53, pp. 23–30.
- CEN TC230, (2002). A guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers.
- Clewell, A., Rieger, J. P., (1997). What practitioners need from restoration ecologists. *Restoration Ecology* Vol. 5, pp.350–354.
- COM, (2006). Comunicação da Comissão ao Conselho, Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social e ao Comité das Regiões: Avaliação do Impacte da Estratégia Temática da Protecção do solo.
- COM 670, (2012). Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho sobre a execução da Diretiva-Quadro Água (2000/60/CE). Planos de gestão de bacia hidrográfica. Comissão Europeia, Bruxelas.

COM, (2001). Comunicação da Comissão ao Conselho, Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social e ao Comité das Regiões: Estratégia da União Europeia em favor do Desenvolvimento Sustentável.

Cornellini, P., Giacchini, P., Memè, M., Alessandroni, G., Baiocco, M., Crinelli, E., Dini, E., Giambartolomei, F., Loiotile, A., Maracci, L., Paradisi L., Recchi, A., (2010). Linee Guida alla Progettazione Degli Interventi di Ingegneria Naturalística. Aipin. Tipografi a Luce di Osimo.

Correia, F.N., (2003). Introdução ao planeamento e gestão da água. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Cortes, R., Hughes, S., Jesus, J., Sanches Fernandes, L., Magalhães, M., (2013). Valorização e requalificação das galerias ribeirinhas na área do empreendimento de Odelouca e ao abrigo do programa Ricover. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Águas do Algarve.

Cortes, R., Sanches Fernandes, L., Cardão, J., (2011). Requalificação das margens do rio Lima – Portuzelo. Projeto de Licenciamento, peças escritas e desenhadas.

Cortes, R., Sanches Fernandes, L., Cardão, J., (2010). Requalificação das margens do rio Lima – Cardielos. Projeto de Licenciamento, peças escritas e desenhadas.

Cortes, R.M.V. (2004). Requalificação de cursos de água. Lisboa. Instituto da Água.

Cramer, Michelle L. (managing editor), (2012). Stream Habitat Restoration Guidelines. Co-published by the Washington Departments of Fish and Wildlife, Natural Resources, Transportation and Ecology, Washington State Recreation and Conservation Office, Puget Sound Partnership, and the U.S. Fish and Wildlife Service. Olympia, Washington.

Cramer, Michelle L. (managing editor), (2002). Integrated Streambank Protection Guidelines. Published by the Washington State Aquatic Habitat Guidelines Program. Olympia, Washington.

Dapporto, S., Rinaldi, M., Casagli, N., Vannocci, P. (2003). Mechanisms of riverbank failure along the Arno River, central Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 28(12), pp. 1303-1323. doi: 10.1002/esp.550

Davies, N. M., Norris, R. H., Thoms, M. C., (2000), Prediction and assessment of local stream habitat features using large-scale catchment characteristics. *Freshwater Biology*, 45: 343–369. doi: 10.1111/j.1365-2427.2000.00625.x

Dhital, Y.P., Tang, Q., (2014). Soil bioengineering application for flood hazard minimization in the foothills of Siwaliks, Nepal. *Ecological Engineering*, Vol. 74, pp 458-462.

Downs, P., Kondolf G., (2002), Post-Project Appraisals in Adaptive Management of River Channel Restoration. *Environmental Management* Vol. 29, No. 4, pp. 477–496. DOI: 10.1007/s00267-001-0035-X

DQA, (2000). Water Framework Directive: 2000/60/CE.

Endreny, T., Soulman, M. (2011). Hydraulic analysis of river training cross-vanes as part of post-restoration monitoring. *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol: 15, pp. 2119–2126. doi:10.5194/hess-15-2119-2011.

England, J., Gurnell, A. M. (2016), Incorporating catchment to reach scale processes into hydromorphological assessment in the UK. *Water and Environment Journal*, 30: 22–30. doi:10.1111/wej.12172

EPA (2016), Agência de Proteção Ambiental – Metodologia de previsão de erosão das margens. Disponível online em [<http://www.epa.gov/warsss/pla/box08.htm>.] (consulta mais recente em novembro 2015).

Escaraméia, M., (1998). River and channel revetments. A design manual. HR Wallingford. Thomas Telford Ltd.

Evette, A., Balique, C., Lavaine, C., Rey, F., Prunier, P., (2012). Using ecological and biogeographical features to produce a typology of the plant species used in bioengineering for riverbank protection in Europe. *River Res. Applic.*, Vol. 28, pp. 1830–1842. doi: 10.1002/rra.1560.

Evette, A., Labonne, S., Liebault, F., Rey, F., Jancke, O., Girel, J., (2009). History of bioengineering techniques for erosion control in rivers in Western Europe. *Environ. Manage.* Vol. 43 (June (6)), pp. 972–984.

Fabião, A., Mendes, A., Ferreira, T., (2011). Soil Bioengineering Case Studies on Southern Portugal Rivers. *Fórum Biodiversidade / Green Infrastructures for Biodiversity*. Centro de Congressos do Estoril.

Feld, C.K., Birk, S., Bradley, D.C., Hering, D., Kail, J., Marzin, A., Melcher, A., Nemitz, D., Pedersen, M.L., Pletterbauer, F., Pont, D., Verdenschoot, P.F.M., Friberg, N., (2011). From natural to degraded rivers and back again: a test of restoration ecology theory and practice. In: Woodward, G. (Ed.), *Advances in Ecological Research*, pp. 119–209.

Fernandes, J.P., Freitas, A. R. M., (2011). *Introdução à Engenharia Natural (Volume II)*. EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. Lisboa, Portugal.

Fernandes, J.P., Cruz, C. S., (2011). *Limpeza e Gestão de Linhas de Água (Volume III)*. EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. Lisboa, Portugal.

Fernandes, M.R., Ferreira, M.T., Hughes, S.J., Cortes, R., Santos, J.M., Pinheiro, P.J. (2007). Pré-Classificação da qualidade ecológica na bacia de Odelouca e sua Utilização em Directrizes de Restauro. *Recursos Hídricos*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Vol. 28 (3): pp. 15-24.

Ferreira, J., Pádua, J., Hughes, S., Cortes, R., Varandas, S., Holmes, N., Raven, P., (2011). Adapting and adopting River Habitat Survey: Problems and solutions for fluvial hydromorphological assessment in Portugal. *Limnetica*, Vol. 30 (2): pp. 263-272.

FISRWG. (1998). *Stream Corridor Restoration - Principles, Processes and Practices*. Federal Interagency Stream Restoration Working Group.

Florineth, F., (2007). *Piante al posto del cemento. Manuale di ingegneria naturalistica e verde tecnico*. Verde Editoriale, Milano. ISBN: 88-86569-26-2.

Florineth, F., Molon, M., (2004), *Dispensa di Ingegneria Naturalistica*. Viena, Austria: Universidade de Bodenkultur.

Fox, G. A., Wilson, G. V. (2010). The Role of Subsurface Flow in Hillslope and Stream Bank Erosion: A Review. *Soil Science Society of America Journal*, 74(3), 717. doi: 10.2136/sssaj2009.0319

Frissell, C. A., Nawa, R. K., (1992). Incidence and causes of physical failure of artificial habitat structures in streams of western Oregon and Washington. *North American Journal of Fisheries Management*, 12 182–97.

- Gameiro, A. S., (2010). Proposta de restauração ecológica fluvial de um troço da ribeira das vinhas, Cascais. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Gerstgraser, C., (1999). The effect and resistance of soil bioengineering methods for streambank protection. In: Proceedings of the International Erosion Control Association 29th Conference, pp. 389–391. IECA Conference on Feb. 22–26, Nashville, Tennessee, USA.
- Grabowski, R.C., Surian, N., Gurnell, A.M., (2014). Characterizing geomorphological change to support sustainable river restoration and management. *WIREs Water*. doi:10.1002/wat2.1037.
- Graf, W.H., Altinakar, M. S. (1998). Hydrodynamic Considerations. In *Fluvial Hydraulics: Flow and Transport Processes in Channels of Simple Geometry*, pp. 40-59. Editor John Wiley & Sons, New York.
- Gray, D. H., Sotir, R. B., (1996). Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization – a practical guide for erosion control. John Wiley & Sons. Inc.
- Gray, D. H., MacDonald, A. (1989). The role of vegetation in river bank erosion. Hydraulic engineering. Proceedings of the 1989 national conference on hydraulic engineering, pp. 218-223 in M. A. Ports, editor.
- Gurnell, A.M., Belletti, B., Bizzi, S., Blamauer, B., Braca, G., Buijse, T., Bussettini, M., Camenen, B., Comiti, F., Demarchi, L., Garcia, D., Tanago, M., Grabowski, R.C., Gunn, I.D.M., Habersack, H., Hendriks, D., Henshaw, A., Klosch, M., Lastoria, B., Latapie, A., Marcinkowski, P., Martinez-Fernandez, V., Mosselman, E., Mountford, J.O., Nardi, L., Okruszko, T., O’Hare, M.T., Palma, M., Percopo, C., Rinaldi, M., Surian, N., Weissteiner, C., Ziliani, L. (2015a). A multi-scale hierarchical framework for developing understanding of river behaviour to support river management. *Aquatic Sciences*. DOI 10.1007/s00027-015-0424-5.
- Gurnell, A.M., Rinaldi, M., Buijse, T., Brierley, G., Piegay, H., (2015b). Hydromorphological frameworks: emerging trajectories. *Aquatic Sciences*. DOI 10.1007/s00027-015-0436-1.
- Hammond, D., Mant, J., Holloway, J., Elbourne, N., Janes, M., (2011). Practical river restoration appraisal guidance for monitoring options (PRAGMO). The River Restoration Centre, pp. 41-80.
- Harmel, R.D., Haan, C.T., Dutnell, R.C., (1999). Evaluation of Rosgen’s Streambank Erosion Potential Assessment in Northeast Oklahoma. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* Vol. 35, No. 1, Fevereiro 1999, páginas 113-121, Wiley InterScience.
- Harmel, R. D., (1997). Analysis of bank erosion on the Illinois River in northeast Oklahoma. Ph.D. thesis. Oklahoma State University. (Citado em Dissertation Abstracts International Part B: Science and Engineering, 1998, Vol. 59 (2)).
- Hipólito, J.R., Vaz, A.C. (2011). Hidrologia e Recursos Hídricos. Coleção Ensino e Ciência da Tecnologia. IST Press. Lisboa. ISBN:978-972-8469-86-3.
- IECA, (2015). International Erosion Control Association, disponível online em [<http://www.ieca.org>] (consulta mais recente em Setembro 2015).
- ICWE, (1992). WMO (World Meteorological Organization). International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century. Geneva.
- INAG, (2001). Plano Nacional da Água, Lisboa. Instituto da Água, I.P.

INAG, (2005). Relatório síntese sobre a caracterização das regiões hidrográficas prevista na directiva-quadro da água. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

INAG, (2009). Critérios para a classificação do estado das massas de água superficiais – Rios e Albufeiras: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

Jackson, P., Clunie, P. (2014) Demonstration Reach Toolbox. Arthur Rylah Institute for Environmental Research Technical Report No. 259. Report for Murray-Darling Basin Authority. Department of Environment and Primary Industries, Heidelberg, Victoria.

Jenkinson, G., Barnas, A., Braatne, H., Bernhardt, S., Palmer, A., Allan, D., and The National River Restoration Science Synthesis, (2006). Stream Restoration Databases and Case Studies: A Guide to Information Resources and Their Utility in Advancing the Science and Practice of Restoration. Society for Ecological Restoration International. Restoration Ecology, Vol. 14, No. 2, pp. 177–186.

Julian, J. P., Torres, R. (2006). Hydraulic erosion of cohesive riverbanks. Geomorphology, Vol. 76(1-2), pp. 193-206. doi: 10.1016/j.geomorph.2005.11.003

Kapitzke, I. R., Pearson, R. G., Smithers, S. G., Crees, M. R., Sands, L. B., Skull, S. D., Johnston, A. J., (1998). Stream Stabilisation for Rehabilitation in North-East Queensland. James Cook University. Townsville, Queensland, 4811 Australia. ISBN 0642267189.

Karr, J.R. & E. W. Chu, (2000). Sustaining living rivers. Hydrobiologia, pp. 422-423:1-14.

Kellogg, W., Pick, T., Boyd, K., Ruggles, M., Irvin, S., (2012). Musselshell River Flood Rehabilitation River Assessment Triage Team (RATT). Summary Report. Lower Musselshell Conservation District 109 Railway East Roundup, Montana 59072.

Kondolf, G., Anderson, S., Storesund, R., Tompkins, M., Atwood, P., (2011). Post-Project Appraisals of River Restoration in Advanced University Instruction. Restoration Ecology – The Journal of the Society for Ecological Restoration International, Vol. 19, No. 6, pp. 696–700.

Kondolf, G., Anderson, S., Lave, R., Pagano, L., Merenlender, A., and Bernhardt, S., (2007). Two Decades of River Restoration in California: What Can We Learn?. Society for Ecological Restoration International. Restoration Ecology, Vol. 15, No. 3, pp. 516–523.

Kondolf, G. M., Curry, R. R. (1986). Channel erosion along the Carmel River, Monterey County, California. Earth Surface Processes and Landforms Vol.11, No. 3, 18 Julho 2006, páginas 307-319, Wiley InterScience.

Kondolf, G. M., Curry, R. R. (1984). The role of riparian vegetation in channel bank stability: Carmel River, California. California riparian systems: ecology, conservation, and management, pp. 124- 133.

Kopp E., Sobral M., Soares T., Woerner M. (1989) Os solos do Algarve e as suas características – vista geral. Direcção regional de agricultura do Algarve, DGHEA. Faro.

Ladson, T. (2003). Assessing the Health of Ephemeral Rivers. Review of Geomorphic and Hydrologic Indicators – Final Report. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology & Monash University. Land & Water Australia (PN30272).

Ladson, A. R., White, L. J., Doolan, J. A., Finlayson, B. L., Hart, B. T., Lake, P. S. and Tilleard, J. W., (1999). Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia. Freshwater Biology, 41: 453–468. doi: 10.1046/j.1365-2427.1999.00442.x

- Langendoen, E. J., Simon, A. (2008). Modeling the evolution of incised streams. II: Streambank erosion. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 134(7), pp. 905-915.
- Lemos, M. T. R. F. (2008). Regularização e Protecção contínua de cursos de água. Tese de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Lencastre, A., Franco, F.M. (2010). Erosão do solo; Transporte Sólido. In *Lições de Hidrologia*, páginas 355-399.
- Li, M., Eddleman, K. E., (2002). Biotechnical engineering is an alternative to traditional engineering methods. A biotechnical streambank stabilization design approach. *Landscape and Urban Planning* Vol. 60.
- Li X., Zhang L., Zhang Z., (2006). Soil bioengineering and the ecological restoration of riverbanks at the Airport Town, Shanghai, China. *Ecological Engineering* vol. 26, pp. 304 – 314.
- Liu, Y., Rauch, HP., Zhang, J., Yang, X., Gao, J., 2014. Development and soil reinforcement characteristics of five native species planted as cuttings in local area of Beijing, *Ecological Engineering*, Vol. 71, pp. 190-196, ISSN 0925-8574, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.017>.
- Magalhães, H. E. S. (2010). Avaliação do estado de potencial erosão das margens de um curso de água. Aplicação a troços estuarinos de rios do norte de Portugal. Tese de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Maia, R., Teiga, P., Pinto, A., Brito, A., Botelho, R., Fernandes, D., (2013). Estudo estratégico para intervenções de reabilitação na rede hidrográfica da ARH do Centro. Plano de Intervenção (Vol. I). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Maia, R. (2011). Erosão e Transporte sólido – Tensão de arrastamento, apontamentos da disciplina de Aproveitamentos hidráulicos e obras fluviais 2, 5º ano da opção de Hidráulica do Mestrado Integrado de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, ano letivo 2011/2012.
- Maranha das Neves. (2012). A coesão e o comportamento mecânico dos solos, apontamentos da disciplina mecânica dos solos I. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Mas, F. M., (2008). Manual de técnicas de restauración fluvial. Secretaria de Estado e Planificación de Infraestructuras. Ministerio de Fomento. ISBN: 978-84-7790-522-6.
- Massa, P. M. G. C. (2011). Influência da rugosidade dos leitos de cheia em escoamentos em canais de secção composta. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.
- McCullah, J., Gray, D., (2005). Environmentally Sensitive Channel- and Bank-Protection Measures. Report 544, National Cooperative Highway Research Program. Washington D.C.
- Millar, R.G., Quick, M.C., (1998). Stable width and depth of gravel-bed rivers with cohesive banks. *Journal of Hydraulic Engineering* 124 (10), pp. 1005– 1013.
- MOPC, (1945). Regularização do Rio Lis e afluentes e defesa dos campos marginais. Ministério das Obras Públicas e Comunicações. Direção Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos – Repartição de Estudos Hidráulicos. Imprensa Nacional de Lisboa, 1945.
- Munné, A., Prat, N., Solà, C., Bonada, N., Rieradevall, M., (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic conservation*:

marine and freshwater ecosystems. Dept. Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain. Wiley Inter Science.

Nemus, (2007). Plano de Ordenamento da Albufeira de Odelouca. Instituto da Água.

Niezgoda, S.L., Johnson, P.A., (2012). Applying risk-benefit analysis to select an appropriate streambank stabilization measure. *J. Hydraul. Eng.* Vol. 138, pp.449–461.

Oliveira, D., (2006). Metodologia de Reabilitação Fluvial Integrada – O caso do rio Estorões na paisagem protegida das lagoas de Bertandos e S. Pedro D’Arcos. UTAD. Vila Real.

ONU. (2012). Overview of key messages: from the United Nations World Water Development Report 4; Managing water under uncertainty and risk. Publicado em 2012 pelo United Nations World Water Assessment Programme.

Palmer, M., Filoso, S., Fanelli, R., (2013). From ecosystems to ecosystem services: Stream restoration as ecological engineering. *Ecological Engineering*, Vol. 65, pp. 62–70.

Palmer, M.A., Bernhardt, E.S., Allan, J.D., Lake, P.S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C.N., Shah, J.F., Galat, D.L., Loss, S.G., Goodwin, P., Hart, D.D., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G.M., Lave, R., Meyer, J.L., O’Donnell, T.K., Pagano, L., Sudduth, E., (2005). Standards for ecologically successful river restoration. *J. Appl. Ecol.* Vol. 42, pp. 208–217.

Palmeri, F., (2007). Laboratorio di ricerca altamente qualificato. Tecnovia – Studi Progetti Per L’Ambiente. Verona, Italy.

Pander, J., Geist, J., (2013). Ecological indicators for stream restoration success. *Ecological Indicators*, Vol. 30, pp. 106-118.

Parsons, M., Thoms, M., Norris, R., (2002). Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol, Monitoring River Health Initiative Technical Report no 22, Commonwealth of Australia and University of Canberra, Canberra.

PGBH-RH1, (2012). Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Minho e Lima integradas na região hidrográfica nº 1. Relatório técnico para efeitos de participação pública. Ministério do Ambiente, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território.

PGBH-RH4, (2011). Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis integradas na região hidrográfica nº 4. Relatório técnico para efeitos de participação pública. Ministério do Ambiente, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território.

Petrone, A., Preti, F., (2010). Soil bioengineering for risk mitigation and environmental restoration in a humid tropical area. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol: 14, pp. 239–250.

Pinto, A., Fernandes, L.F.S., Maia, R. (2016). Monitoring Methodology of Interventions for Riverbanks Stabilization: Assessment of Technical Solutions Performance. *Water Resources Management*. doi:10.1007/s11269-016-1486-4.

Pinto, A., Teiga, P., Maia, R., Bravo, N. (2013a). Poster presented “Bank erosion control as part of a rehabilitation strategy at the river basin level” at 5th Edition European River Restoration Conference, 11-13 September, Vienna – Austria.

Pinto, A., Maia, R., Teiga, P., Fernandes, D., Rosário, B. (2013b). Comunicação oral “Controlo da erosão das margens no âmbito de uma estratégia de reabilitação fluvial ao nível da bacia hidrográfica”. 8.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, 25 Outubro 2013, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Porto.

- Plafkin, J.L., M.T. Barbour, K.D. Porter, S.K. Gross & R.M. Hughes., (1989). Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. Report number EPA 444-4-89-001. US EPA, Washington, 170p.
- Preti, F., Milanese, C. (2006). Monitoraggio del cantieri pilota di Ingegneria Naturalistica nel Lazio. Regione Lazio: Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli Direzione Ambiente e Cooperazione tra i Popoli Area Difesa del Suolo. Università Della Tuscia: Dipartimento GEMINI - Geologia e Ingegneria Meccanica, Naturalistica e Idraulica per il Territorio. Italy.
- Procesl, (2005). Plano Específico de Gestão de Extração de Inertes em Domínio Hídrico para as Bacias do Lima e do Cávado. Instituto da Água.
- PROGECO, (2005). Protecção do território através da engenharia ecológica ao nível de uma bacia hidrográfica. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve. ISBN: 972-99928-0-0.
- Radspinner, R. R., Diplas, P., Lightbody, A. F., and Sotiropoulos, F., (2010). River Training and Ecological Enhancement Potential Using In-Stream Structures, J. Hydraul. Eng.-ASCE, Vol: 136, pp. 967–980, doi:10.1061/(asce)hy.1943-7900.0000260.
- Raven, P.; Holmes, N.; Pádua, J., Ferreira, J., Hughes, S., Baker, L., Taylor, L., Seager, K., (2009). River Habitat Survey in Southern Portugal. Results from 2009. Environment Agency. Instituto da Água.
- Raven, P.; Holmes, N.; Charrier, F.; Dawson, F.; Naura, M.; Boon, P., (2002). Towards a harmonized approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: a qualitative comparison of three survey methods, Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. Wiley InterScience, DOI: 10.1002/aqc.536.
- Raven, P.; Holmes, N.; Dawson, F.; Fox, P.; Everard, M.; Fozzard, I.; Rouen, K. (1998). River Habitat Quality, Report n.º 2.
- RHS (2003). Field Survey Guidance Manual: 2003 version. Scottish Environment Protection Agency.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussetini, M., (2010). Sistema di Valutazione Morfologica dei corsi d'acqua - Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua. Version 0. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- Rinaldi, M., e Darby, S. E. (2008). 9 Modelling river-bank-erosion processes and mass failure mechanisms: progress towards fully coupled simulations. Vol.11, pp.213-239. doi: 10.1016/s0928-2025(07)11126-3
- Rosgen, D. L. (1994). A Classification of Natural Rivers. Catena, 22, 169-199.
- Rosgen, D. L. (2001). A practical method of computing streambank erosion rate, Pagosa Springs, Colorado.
- Rosgen, D.L., 2006d. The Natural Channel Design Method for River Restoration. In Proceedings of the 2006 World Environmental and Water Resources Congress, May 21-25, 2006. American Society of Civil Engineers, Omaha, Nebraska.
- Rutherford, I. D., Jerie, K., Marsh, N., (2000). A rehabilitation manual for Australian streams (Vol: Volume I and II). Camberra: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. Land and Water Resources Research and Development Corporation.

- Sass, Christopher K., Keane, Tim D., (2012). Application of Rosgen's BANCS Model for NE Kansas and the Development of Predictive Streambank Erosion Curves. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 48(4): 774-787. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2012.00644.x
- Schiechtl, H.M., Stern, R., 1997. *Water Bioengineering Techniques for Watercourse, Bank and Shoreline Protection*. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Scholz, J. G., Booth, D. B., (2000). Monitoring urban streams: strategies and protocols for humid-region lowland systems. *Environmental Monitoring and Assessment* Vol. 71: pp. 143–164.
- Silva, J., Gomez, L., Flebbe, E., and Azinheira, R., (2012). Bioengineering for streambank stabilization. Revisiting algibre river project, Portugal. *Cascais World Forum 2012. Soil bioengineering and land management new challenges. Sustaining Our Land, Water and Life in Changing Climate II Congress APENA - VII Congress AEIP – VI Congress EFIB*.
- Silva, J., (2008). *Técnicas de Engenharia Natural na Recuperação de Margens em Meio Mediterrânico. Aplicação à Ribeira de Algibre. II JORNADA La Bioingeniería en la Restauración Fluvial del Paisaje Mediterráneo*. Valencia, España.
- Simon, A., Curini, A., Darby, S. E., Langendoen, E. J. (1999). Bank and near-bank processes in an incised channel. *Geomorphology*, Vol. 35, pp. 193-217.
- Simon, A., Collison, A.J.C., (2001). Pore-water pressure effects on the detachment of cohesive streambeds: seepage forces and matric suction. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 26, pp. 1421– 1442.
- Simon, K., Steinemann, A., (2000). Soil bioengineering: challenges for planning and engineering. *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 126, No. 2, June, 2000. ASCE, ISSN 0733-9488/00/0002-0089.
- Sousa, R., (2015). *Metodologia para especificação de plantas com potencial biotécnico em engenharia natural*. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Ruraus. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Dissertação de mestrado. Brasil.
- Spangenberg J.H. Pfahl S., Deller K., (2002). Towards Indicators for Institutional Sustainability: Lessons From an Analysis of Agenda 21. *Ecological Indicators* 2002; Vol.2, pp. 61–77.
- Swinson B., Cockerill K., Colby J., Tuberty S., Gu C., (2015). To restore or not to restore: assessing pre-project conditions of a habitat restoration project on the new river, North Carolina. *Environ Processes* 2:647–668. doi:10.1007/s40710-015-0111-5
- Tánago, M. G., Gurnell, A.M., Belletti, B., Jalón, D. G., (2015). Indicators of river system hydromorphological character and dynamics: understanding current conditions and guiding sustainable river management. *Aquatic Sciences*. DOI 10.1007/s00027-015-0429-0.
- Tánago, M. G., Jalón, D. G., (2011) - Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Asociacion Ibérica de Limnología*, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409.
- Tánago, M. G., Jalón, D. G., (2007) – *Restauración de Ríos: Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Tánago, M. G., Jalón, D. G., (2006) - Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *The ecology of the Iberian inland waters: Homage to Ramon Margalef*. Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409

- Tánago, M. G., Jalón, D. G., (1998) - Restauración de ríos y ribeiras. (Fundación Conde Del Valle De Zalazar ed.) Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- Teiga, P. M. (2011). Avaliação e mitigação de impactes em reabilitação de rios e ribeiras em zonas edificadas: uma abordagem participativa. Tese de Doutoramento. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Thorne, C. R. (1982). Processes and mechanisms of river bank erosion. Gravel-bed rivers: fluvial processes, engineering and management, pp. 227-271 in R. D. Hey, J. C. Bathurst, and C. R. Thorne, editors. John Wiley & Sons Ltd., New York.
- Thorne, C.R., (1990). Effects of vegetation on river-bank erosion and stability. In: Thornes, J.B. (Ed.), Vegetation and Erosion. Wiley and Sons, Chichester, U.K., pp. 203– 233.
- Tompkins, M., Kondolf, M., (2007). Systematic Postproject Appraisals to Maximize Lessons Learned from River Restoration Projects: Case Study of Compound Channel Restoration Projects in Northern California. Society for Ecological Restoration International. Restoration Ecology, Vol. 15, No. 3, pp. 524–537.
- UN - United Nations, (2006). Relatório do Desenvolvimento Humano. Capítulo 6 – Gestão dos Recursos Hídricos Transfronteiriços. Publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).
- UN - United Nations, (1992). Agenda 21. United Nations Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, Brazil.
- UN - United Nations, (1972). Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment. Stockholm.
- Viriato, M., (2012). A requalificação fluvial ligada ao empreendimento de Odelouca. III Jornadas de Restauro Fluvial. Associação Portuguesa Recursos Hídricos. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Vivas, E. B. F., (2011). Avaliação e gestão de situações de seca e escassez. Aplicação ao caso do Guadiana. Tese de doutoramento em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Wohl, E., Angermeier, P., Bledsoe, B., Kondolf, M., MacDonnell, L., Merritt, M., Palmer, A., Poff, L., Tarboton, D., (2005). River restoration. Water Resources Research, Vol. 41: W10301.
- Woolsey, S., Capelli, F., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Paetzold, A., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K., Weber, C., and Peter, A., (2007). A strategy to assess river restoration success. Eawag Aquatic Research, Journal compilation. Freshwater Biology, Vol.52, pp. 752–769.
- Wurbs, R. (2013). Water Resources Planning, Development and Management. InTech, May 2013. ISBN 978-953-51-1092-7.
- Yen, B. C. (2002). Open Channel Flow Resistance. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 128.
- Zeh, H., (2007). Soil Bioengineering, Construction type manual. Zurich, European Federation for soil bioengineering.

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

- 1.1. Índice de Qualidade Ripária (Tánago & Jalón, 2011)
- 1.2. River Habitat Survey (Raven *et al.*, 1998)
- 1.3. Método Bancs (Categorias de Risco BEHI (Bank Assessment For Non-Point Source Consequences Of Sediment) E NBS (Near Bank Shear Stress) (Rosgen, 2001)

ANEXO 2

- 2.1. Matriz de Apoio à decisão na seleção de estruturas de proteção de margens (Biedenharn *et al.*, 1997)
- 2.2. Metodologia para seleção de técnicas de estabilização de margens (Teiga, 2011)

ANEXO 3

- 3.1. Ficha de Dados de Campo: Identificação do estado e potencial de erosão das margens
- 3.2. Matrizes de Avaliação

ANEXO 4

- 4.1. Fichas de Caracterização de técnicas materiais de intervenção em margens fluviais

ANEXO 5

- 5.1. Ficha de levantamento de dados de campo - Base sistemática de monitorização

ANEXO 6

- 6.1. Ficha de Dados de Campo: Identificação do estado e potencial de erosão das margens – Rio Antuã

- 6.2. Ficha de Dados de Campo: Identificação do estado e potencial de erosão das margens – Rio Cértima
- 6.3. Ficha de Dados de Campo: Identificação do estado e potencial de erosão das margens – Rio Lis
- 6.4. Ficha de Dados de Campo: Identificação do estado e potencial de erosão das margens – Rio Arunca

ANEXO 7

- 7.1. Secção Transversal – Rio Lima, Cardielos
- 7.2. Secção Transversal – Rio Lima, Sta. Marta de Portuzelo
- 7.3. Ficha de levantamento de dados de campo - Base sistemática de monitorização – Rio Lima, Cardielos e Sta. Marta de Portuzelo
- 7.4. Ficha de levantamento de dados de campo - Base sistemática de monitorização – Ribeira da Granja, Quinta do rio e Viso
- 7.5. Ficha de levantamento de dados de campo - Base sistemática de monitorização – Ribeira de Odelouca
- 7.6. Ficha de levantamento de dados de campo - Base sistemática de monitorização – Ribeira de Algibre

ANEXO 8

- 8.1a. Custo total de intervenção – Rio Antuã (P1, Margem direita – Opção 1)
- 8.1b. Custo total de intervenção – Rio Antuã (P2, Margem esquerda – Opção 1)
- 8.1b. Custo total de intervenção – Rio Antuã (P2, Margem esquerda – Opção 2)
- 8.2a. Custo total de intervenção – Rio Cértima (P1, Margem direita – Opção 1)
- 8.2a. Custo total de intervenção – Rio Cértima (P1, Margem direita – Opção 2)
- 8.2b. Custo total de intervenção – Rio Cértima (P2, Margem esquerda – Opção 1)
- 8.2b. Custo total de intervenção – Rio Cértima (P2, Margem esquerda – Opção 2)
- 8.3a. Custo total de intervenção – Rio Lis (P1, Margens esquerda/direita – Opção 1)
- 8.3a. Custo total de intervenção – Rio Lis (P1, Margens esquerda/direita – Opção 2)
- 8.3b. Custo total de intervenção – Rio Lis (P2, Margem esquerda – Opção 1)
- 8.3b. Custo total de intervenção – Rio Lis (P2, Margem esquerda – Opção 2)
- 8.3c. Custo total de intervenção – Rio Lis (P2, Margem direita – Opção 1)
- 8.3c. Custo total de intervenção – Rio Lis (P2, Margem direita – Opção 2)

8.3d. Custo total de intervenção – Rio Lis (P3, Margens esquerda/direita – Opção 1)

8.3d. Custo total de intervenção – Rio Lis (P3, Margens esquerda/direita – Opção 2)

8.4. Custo total de intervenção – Rio Arunca (P2, Margens esquerda/direita – Opção 1)

8.4. Custo total de intervenção – Rio Arunca (P2, Margens esquerda/direita – Opção 2)

ANEXO 1

ANEXO 1.1

ÍNDICE DE QUALIDADE RIPÁRIA (*TÁNAGO & JALÓN, 2011*)

- FICHA DE CARACTERIZAÇÃO – ESTADO DAS MARGENS

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO – ESTADO DAS MARGENS

Rio: _____ Troço: _____

Ponto de Amostragem: _____

5. Estado das Margens	Margem Esquerda	Margem Direita
Material da margem (rocha; cascalho; areia; sedimentos finos; materiais compostos)		
Forma da margem (natural; Reperfilada; Revestida; Aterro; Rígida; outra).		
Altura da margem (m)		
Inclinação do talude da margem (Uniforme (V:H) / Variável (V:H))		
Cobertura de vegetação na margem (%)		
Árvores caídas e restos de vegetação (abundante; presente; ocasional; ou, ausente)		
Estabilidade da margem (estável; com pontos de instabilidade; instável)		
Mecanismos de rotura da margem predominantes (descrição)		
Comprimento de margem afetado pela ação hidráulica (nenhum; <10%, 10-25%, 25-50%, > 50%)		
Comprimento de margem afetado por movimento de massa (nenhum; <10%, 10-25%, 25-50%, > 50%)		
Comprimento de margem com revestimentos (nenhum; <10%, 10-25%, 25-50%, > 50%)		
Resultado:		

5. Estado das margens														
<p>Avaliar as margens individualmente. Procurar indicadores do grau de naturalidade (mobilidade de sedimentos; forma das margens associada ao uso do solo; presença de detritos de madeira e de vegetação; heterogeneidade da área marginal ao rio, etc.) Analisar se existem pressões humanas que influenciem a: estabilidade das margens; pontos de instabilidade; homogeneidade da área marginal ao rio; crescimento excessivo da vegetação; incisão ou deposição de sedimentos finos; estruturas de proteção ou alterações da forma da margem.</p>														
Muito Bom			Bom			Moderado			Pobre			Mau		
<p><i>Margens na condição natural.</i> Área marginal da margem bastante heterogénea associada a formas de margens naturais. Abundância de madeira morta e detritos de vegetação junto das margens. Comunidades vegetais totalmente desenvolvidas. A morfologia do canal sem alterações e sem influência antrópica.</p>			<p><i>Margens ligeiramente modificadas pela ação humana.</i> Formas e processos das margens são alterados em menos de 10% do comprimento total. Abundância de madeira morta e detritos de vegetação junto das margens. Os sedimentos da margem mantem-se em mais de 60% do comprimento total. Secção transversal ligeiramente alterada por ação humana, mas sem medidas de estabilização.</p>			<p><i>Margens moderadamente modificadas pela ação humana.</i> Margens desprovidas de vegetação por influência humana em 10-30% do comprimento total, ou parcialmente corrigido com técnicas de <i>rip-rap</i> ou bioengenharia em menos de 30% do comprimento total. Incisão emergente devido à deposição de sedimentos finos em menos de 30% do comprimento total. Secção transversal moderadamente alterada por ação humana.</p>			<p><i>Margens significativamente modificadas pela ação humana.</i> Margens desprovidas de vegetação por influência humana em 30-60% do comprimento total, ou corrigido com técnicas de <i>rip-rap</i> ou bioengenharia em menos de 30-60% do comprimento total. Incisão moderada ou significativa com acumulação de sedimentos finos em 30-60% comprimento total. Secção transversal significativamente alterada pela intervenção humana.</p>			<p><i>Margens muito alteradas pela ação humana.</i> Margens protegidas com técnicas de bioengenharia ou revestimentos <i>rip-rap</i> que cobrem mais de 60% do comprimento total. Incisão significativa ou deposição excessiva ao longo de mais do que 60% do comprimento do segmento. Considere o resultado igual a zero, se tiver qualquer revestimento que impeça o crescimento da vegetação.</p>		
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ANEXO 1.2

RIVER HABITAT SURVEY (*RAVEN ET AL., 1998*)

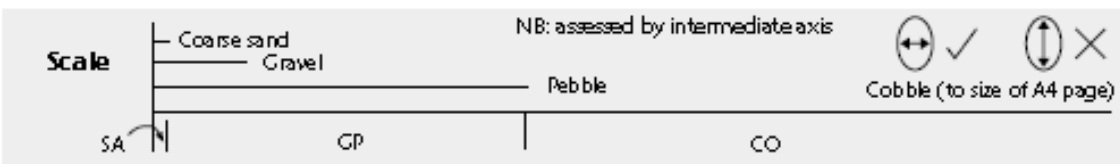
- ***FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO – RIVER HABITAT SURVEY***
- ***HABITAT MODIFICATION SCORE (HMS)***

























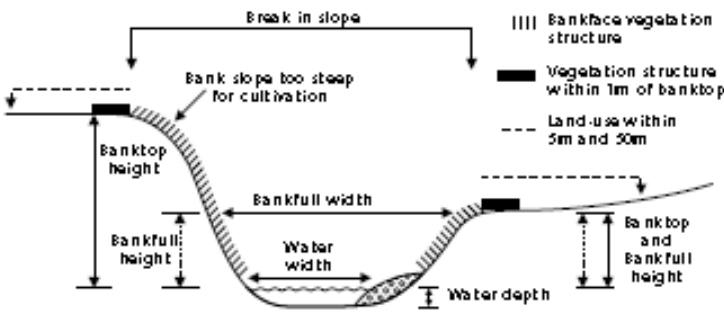
FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO – RIVER HABITAT SURVEY

Quadro 1 – Fichas de Caracterização – River Habitat Survey

RIVER HABITAT SURVEY 2003 VERSION: SITE HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT			
Site Number ¹ :	Site Ref:	River Name:	Date:
Grid References/ Co-ordinates:	Spot 1 ² :	Mid-site:	End of site ² :
Surveyor Name:		Accredited Surveyor Code:	
¹ Leave blank if new site.		² Optional	
Weather Conditions:			
Flow Conditions:			
Site details: (enter comments or circle if applicable and give details)			Risk Level (Low/Mod/High)
Access and Parking: (entry & exit)			
Conditions: comment on ground stability, footing, exposure/remoteness			
Obstacles/Hazards: fencing, stiles, dense vegetation, steep bank			
Occupied/Unoccupied: people, livestock, animals			
Activities/Land-use: agriculture, woodland, residential, industrial, construction, recreational			
Risk if lone-working			
IF THERE ARE ANY HIGH RISKS OR MORE THAN THREE MODERATE RISKS DO NOT CONTINUE WITH THE SURVEY.			
<u>Weill's Disease (Leptospirosis)</u> <u>Instructions to card holders</u> 1. As infection may enter through breaks in the skin, ensure that any cut, scratch or abrasion is thoroughly cleansed and covered with a waterproof plaster. 2. Avoid rubbing your eyes, nose and mouth during work. 3. Clean protective clothing, footwear and equipment etc. after use 4. After work, and particularly before taking food or drink, wash hands thoroughly. 5. Report all accidents and/or injuries, however slight. 6. Keep your card with you at all times.			
<u>Lyme Disease</u> 1. Dress appropriately with skin covered up. 2. Regularly inspect for ticks when in the field. 3. Check for, and remove, any ticks as soon as possible after leaving the site. 4. Seek medical attention if bitten by a tick.			

RIVER HABITAT SURVEY 2003 VERSION: SPOT-CHECK KEY Page 1 of 2			
PHYSICAL ATTRIBUTES (SECTION E)			
BANKS		CHANNEL	
Predominant bank material NV = not visible BE = bedrock BO = boulder CO = cobble GS = gravel/sand EA = earth (crumbly) PE = peat CL = sticky clay CC = concrete SP = sheet piling WP = wood piling GA = gabion BR = brick/laid stone RR = rip-rap TD = tipped debris FA = fabric BI = bio-engineering materials	Bank modifications NK = not known NO = none RS = resectioned (reprofiled) RI = reinforced PC = poached PC(B) = poached (bare) BM = artificial berm EM = embanked Marginal and bank features NV = not visible (e.g. far bank) NO = none EC = eroding cliff (EC if sandy substrate) SC = stable cliff (SC if sandy substrate) PB = unvegetated point bar VP = vegetated point bar SB = unvegetated side bar VS = vegetated side bar NB = natural berm	Predominant substrate NV = not visible BE = bedrock BO = boulder CO = cobble GP = gravel/pebble (G or P if predominant) SA = sand SI = silt CL = clay PE = peat EA = earth AR = artificial Predominant flow-type NV = not visible FF = free fall CH = chute BW = broken standing waves (white water) UW = unbroken standing waves CF = chaotic flow RP = rippled UP = upwelling SM = smooth NP = no perceptible flow DR = no flow (dry)	Channel modifications NK = not known NO = none CV = culverted RS = resectioned RI = reinforced DA = dam/weir/sluiice FD = ford (man-made) Channel features NV = not visible NO = none EB = exposed bedrock RO = exposed boulders VR = vegetated rock MB = unvegetated mid-channel bar VB = vegetated mid-channel bar MI = mature island TR = Trash (urban debris)
FLOW-TYPES FF: Free fall CH: Chute BW: Broken standing waves UW: Unbroken standing waves CF: Chaotic flow RP: Rippled UP: Upwelling SM: Smooth NP: No perceptible flow DR: No flow (dry)		DESCRIPTION clearly separates from back-wall of vertical feature – associated with waterfalls low curving fall in contact with substrate – often associated with cascades white-water tumbling waves must be present – mostly associated with rapids upstream facing wavelets which are not broken – mostly associated with riffles a chaotic mixture of three or more of the four fast flow-types with no predominant one obvious no waves, but general flow direction is downstream with disturbed rippled surface – mostly associated with runs heaving water as upwellings break the surface – associated with boils. perceptible downstream movement is smooth (no eddies) – mostly associated with glides no net downstream flow – associated with pools, ponded reaches and marginal deadwater dry river bed	





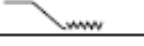
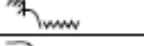
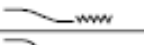
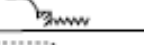

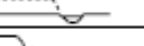
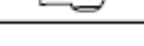
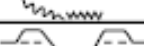




RIVER HABITAT SURVEY: SPOT-CHECK KEY			Page 2 of 2																
LEFT	Banks are determined by looking downstream	RIGHT																	
<p>CHANNEL MODIFICATION INDICATORS One or more of the following may be indicative of resectioning:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 1. Uniform bank profile 2. Straightened planform 3. Bankfull width/bankfull height ratio <4:1 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 4. Uniform/low energy flow-types 5. No trees/uniformly-aged trees along bank 6. Intensive/urban land-use </td> </tr> </table>				1. Uniform bank profile 2. Straightened planform 3. Bankfull width/bankfull height ratio <4:1	4. Uniform/low energy flow-types 5. No trees/uniformly-aged trees along bank 6. Intensive/urban land-use														
1. Uniform bank profile 2. Straightened planform 3. Bankfull width/bankfull height ratio <4:1	4. Uniform/low energy flow-types 5. No trees/uniformly-aged trees along bank 6. Intensive/urban land-use																		
<p style="text-align: center;">LAND-USE WITHIN 5m OF BANKTOP (SECTION F) & 50m (SECTION H)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> BL = Broadleaf/mixed woodland (semi-natural) BP = Broadleaf mixed plantation CW = Coniferous woodland (semi-natural) CP = Coniferous plantation SH = Scrub & shrubs OR = Orchard WL = Wetland (e.g. bog, marsh, fen) MH = Moorland/heath </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> AW = Artificial open water OW = Natural open water RP = Rough unimproved grassland/pasture IG = Improved/semi-improved grassland TH = Tall herb/rank vegetation RD = Rock, scree or sand dunes SU = Suburban/urban development </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> TL = Tilled land IL = Irrigated land PG = Parkland or gardens NV = Not visible </td> </tr> </table>				BL = Broadleaf/mixed woodland (semi-natural) BP = Broadleaf mixed plantation CW = Coniferous woodland (semi-natural) CP = Coniferous plantation SH = Scrub & shrubs OR = Orchard WL = Wetland (e.g. bog, marsh, fen) MH = Moorland/heath	AW = Artificial open water OW = Natural open water RP = Rough unimproved grassland/pasture IG = Improved/semi-improved grassland TH = Tall herb/rank vegetation RD = Rock, scree or sand dunes SU = Suburban/urban development	TL = Tilled land IL = Irrigated land PG = Parkland or gardens NV = Not visible													
BL = Broadleaf/mixed woodland (semi-natural) BP = Broadleaf mixed plantation CW = Coniferous woodland (semi-natural) CP = Coniferous plantation SH = Scrub & shrubs OR = Orchard WL = Wetland (e.g. bog, marsh, fen) MH = Moorland/heath	AW = Artificial open water OW = Natural open water RP = Rough unimproved grassland/pasture IG = Improved/semi-improved grassland TH = Tall herb/rank vegetation RD = Rock, scree or sand dunes SU = Suburban/urban development	TL = Tilled land IL = Irrigated land PG = Parkland or gardens NV = Not visible																	
<p style="text-align: center;">BANKTOP AND BANKFACE VEGETATION STRUCTURE To be assessed within a 10m wide transect (SECTION F)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">bare</th> <th style="width: 10%;">B</th> <th style="width: 35%;">bare earth/rock etc.</th> <th style="width: 30%;">vegetation types</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>uniform </td> <td>U</td> <td>predominantly one type (no scrub or trees)</td> <td> bryophytes  short/creeping herbs or grasses</td> </tr> <tr> <td>simple </td> <td>S</td> <td>two or three vegetation types</td> <td> tall herbs/grasses  scrub or shrubs</td> </tr> <tr> <td>complex </td> <td>C</td> <td>four or more types</td> <td> saplings and trees</td> </tr> </tbody> </table>				bare	B	bare earth/rock etc.	vegetation types	uniform 	U	predominantly one type (no scrub or trees)	 bryophytes  short/creeping herbs or grasses	simple 	S	two or three vegetation types	 tall herbs/grasses  scrub or shrubs	complex 	C	four or more types	 saplings and trees
bare	B	bare earth/rock etc.	vegetation types																
uniform 	U	predominantly one type (no scrub or trees)	 bryophytes  short/creeping herbs or grasses																
simple 	S	two or three vegetation types	 tall herbs/grasses  scrub or shrubs																
complex 	C	four or more types	 saplings and trees																
<p>Channel dimensions guidance (Section L)</p> <ul style="list-style-type: none"> Select location on uniform section. If riffle is present, measure there. If not, measure at straightest and shallowest point. Banktop = first major break in slope above which cultivation or development is possible. Bankfull = point where river first spills on to floodplain. <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Cross-section of channel showing definitions used to define where spot-check recording and channel dimensions measured</p>  </div>																			

RIVER HABITAT SURVEY 2003 Version				Page 1 of 4				
A FIELD SURVEY DETAILS								
Site Number: leave blank if new site Site Reference: Spot-check 1 Grid Ref: Spot-check 6 Grid Ref: End of site Grid Ref: Reach Reference: River name: Date / /20 Time: Surveyor name: Accredited Surveyor code:	Is the site part of a river or an artificial channel? River <input type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/> Are adverse conditions affecting survey? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> If yes, state Is bed of river visible? barely or not <input type="checkbox"/> partially <input type="checkbox"/> ± entirely <input type="checkbox"/> Is health and safety assessment form attached? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Number of photographs taken: <input style="width: 40px;" type="text"/> Photo references: Site surveyed from: left bank <input type="checkbox"/> right bank <input type="checkbox"/> channel <input type="checkbox"/>							
<input type="checkbox"/> When options shown with 'shadow boxes', tick one box only								
LEFT banks determined by facing downstream RIGHT								
B PREDOMINANT VALLEY FORM (within the horizon limit) (tick one box only)								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>(tick one box only)</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> shallow vee </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> deep vee </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> gorge </div> </div> <div style="width: 45%;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> concave/bowl </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> asymmetrical valley </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> U-shape valley </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="margin-right: 10px;" type="checkbox"/> no obvious valley sides </div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> Distinct flat valley bottom? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 45%;"> Natural terraces? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> </div> </div>								
C NUMBER OF RIFFLES, POOLS AND POINT BARS (enter total number in boxes)								
Rifle(s) <input style="width: 40px;" type="text"/>		Unvegetated point bar(s) <input style="width: 40px;" type="text"/>						
Pool(s) <input style="width: 40px;" type="text"/>		Vegetated point bar(s) <input style="width: 40px;" type="text"/>						
D ARTIFICIAL FEATURES (indicate total number of occurrences of each category within the 500m site)								
If none, tick box <input type="checkbox"/>		Major	Intermediate	Minor		Major	Intermediate	Minor
	Weirs/sluiques				Outfalls/inlets			
	Culverts				Fords			
	Bridges				Deflectors/groyne/drogs			
	Other - state							
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> Is channel obviously realigned? No <input type="checkbox"/> Yes, <33% of site <input type="checkbox"/> ≥33% of site <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 30%;"> Is channel obviously over-deepened? No <input type="checkbox"/> Yes, <33% of site <input type="checkbox"/> ≥33% of site <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 30%;"> Is water impounded by weir/dam? No <input type="checkbox"/> Yes, <33% of site <input type="checkbox"/> ≥33% of site <input type="checkbox"/> </div> </div>								

SITE REF.		RIVER HABITAT SURVEY: TEN SPOT-CHECKS										Page 2 of 4
Spotcheck 1 is at: upstream end <input type="checkbox"/> downstream end <input type="checkbox"/> of site (tick one box)												
E PHYSICAL ATTRIBUTES (to be assessed across channel within 1m wide transect)												
When boxes "blank" , only one entry allowed		1 GPS	2	3	4	5	6 GPS	7	8	9	10	GPS
LEFT BANK		Ring EC or SC if composed of sandy substrate										
Material NV, BS, BO, CO, GS, FA, FS, CL, CC, CP, MP, GA, RR, RD, TD, FA, BI												
Bank modification(s) NK, NO, RS, RL, PC(B), BM, BM												
Marginal & bank feature(s) NV, NO, EC, SC, PS, VR, SJ, VS, NB												
CHANNEL		GP- ring either G or P if predominant										
Channel substrate NV, BS, BO, CO, CP, SA, SL, PS, FA, AR												
Flow-type NV, FE, CH, BW, UW, CE, RR, UP, JM, NP, DR												
Channel modification(s) NK, NO, CV, RS, RL, DA, FO												
Channel feature(s) NV, NO, EB, RO, VR, MB, VB, ML, TR												
For braided rivers only: number of sub-channels												
RIGHT BANK		Ring EC or SC if composed of sandy substrate										
Material NV, BS, BO, CO, GS, FA, FS, CL, CC, CP, MP, GA, RR, RD, TD, FA, BI												
Bank modification(s) NK, NO, RS, RL, PC(B), BM, BM												
Marginal & bank feature(s) NV, NO, EC, SC, PS, VR, SJ, VS, NB												
F BANKTOP LAND-USE AND VEGETATION STRUCTURE (to be assessed over a 10m wide transect)												
Land-use: choose one from BL, BP, CW, CP, SH, OR, WL, MH, AW, OW, RP, IG, TH, RD, SU, TL, IL, PG, NV												
LAND-USE WITHIN 5m OF LEFT BANKTOP												
LEFT BANKTOP (structure within 1m) BWS/ONV												
LEFT BANK-FACE (structure) BWS/ONV												
RIGHT BANK-FACE (structure) BWS/ONV												
RIGHT BANKTOP (structure within 1m) BWS/ONV												
LAND-USE WITHIN 5m OF RIGHT BANKTOP												
G CHANNEL VEGETATION TYPES (to be assessed over a 10m wide transect use E (≥ 33% area), ✓ (present) or NV (not visible))												
None (✓) or Not Visible (NV)												
Liverworts/mosses/lichens												
Emergent broad-leaved herbs												
Emergent reeds/sedges/rushes/grasses/horsetails												
Floating-leaved (rooted)												
Free-floating												
Amphibious												
Submerged broad-leaved												
Submerged linear-leaved												
Submerged fine-leaved												
Filamentous algae												
Use end column for overall assessment over 500m, including types not occurring in spot-checks (use ✓, E or NV) →												

↑ Enter channel substrate(s) not occurring as predominant in spot-checks but present in >1% of whole site.

SITE REF.		RIVER HABITAT SURVEY : 500m SWEEP-UP				Page 3 of 4	
H LAND-USE WITHIN 50m OF BANK TOP Use ✓ (present) or E (≥ 33% banklength)							
	L	R		L	R		
Broadleaf/mixed woodland (semi-natural) (BD)			Natural open water (OW)				
Broadleaf/mixed plantation (BP)			Rough/unimproved grassland/pasture (RP)				
Coniferous woodland (semi-natural) (CW)			Improved/semi-improved grassland (IG)				
Coniferous plantation (CP)			Tall herb/rank vegetation (TH)				
Scrub & shrubs (SH)			Rock, scree or sand dunes (RD)				
Orchard (OR)			Suburban/urban development (SU)				
Wetland (e.g. bog, marsh, fen) (WL)			Tilled land (TL)				
Moorland/heath (MH)			Irrigated land (IL)				
Artificial open water (AW)			Parkland or gardens (PG)				
			Not visible (NV)				
I BANK PROFILES Use ✓ (present) or E (≥ 33% banklength)							
Natural/unmodified	L	R	Artificial/modified	L	R		
Vertical/undercut 			Resectioned (reprofiled) 				
Vertical with toe 			Reinforced - whole 				
Steep (>45°) 			Reinforced - top only 				
Gentle 			Reinforced - toe only 				
Composite 			Artificial two-stage 				
Natural berm 			Poached bank 				
			Em banked 				
			Setback embankment 				
J EXTENT OF TREES AND ASSOCIATED FEATURES *record even if <1%							
TREES (tick one box per bank)			ASSOCIATED FEATURES (tick one box per feature)				
	Left	Right		None	Present	E (≥33%)	
None	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Shading of channel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Isolated/scattered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*Overhanging boughs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Regularly spaced, single	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*Exposed bankside roots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Occasional clumps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*Underwater tree roots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Semi-continuous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fallen trees	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Continuous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Large woody debris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
K EXTENT OF CHANNEL AND BANK FEATURES (tick one box for each feature) *record even if <1%							
	None	Present	E (≥33%)		None	Present	E (≥33%)
*Free fall flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exposed bedrock	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chute flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exposed boulders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Broken standing waves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vegetated bedrock/boulders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unbroken standing waves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Unvegetated mid-channel bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rippled flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vegetated mid-channel bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
*Upwelling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mature island(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Smooth flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Unvegetated side bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No perceptible flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vegetated side bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No flow (dry)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Unvegetated point bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marginal deadwater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vegetated point bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Broding cliff(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*Unvegetated silt deposit(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stable cliff(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*Discrete unvegetated sand deposit(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				*Discrete unvegetated gravel deposit(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SITE REF.	RIVER HABITAT SURVEY : DIMENSIONS AND INFLUENCES				Page 4 of 4
L CHANNEL DIMENSIONS (to be measured at one location on a straight uniform section, preferably across a riffle)					
LEFT BANK	C H A N N E L	RIGHT BANK			
Banktop height (m)	Bankfull width (m)	Banktop height (m)			
Is banktop height also bankfull height? (Y or N)	Water width (m)	Is banktop height also bankfull height? (Y or N)			
Embanked height (m)	Water depth (m)	Embanked height (m)			
If trashline lower than banktop, indicate: height above water (m) = width from bank to bank (m) =					
Bed material at site is: consolidated <input type="checkbox"/> unconsolidated (loose) <input type="checkbox"/> unknown <input type="checkbox"/>					
Location of measurements is: riffle <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/> (state)					
M FEATURES OF SPECIAL INTEREST Use ✓ or E (≥ 33% length) *record even if <1%					
None <input type="checkbox"/>	Very large boulders (>1 m) <input type="checkbox"/>	Backwater(s) <input type="checkbox"/>	Marsh(es) <input type="checkbox"/>		
Braided channels <input type="checkbox"/>	*Debris dam(s) <input type="checkbox"/>	Floodplain boulder deposits <input type="checkbox"/>	Flush(es) <input type="checkbox"/>		
Side channel(s) <input type="checkbox"/>	*Leafy debris <input type="checkbox"/>	Water meadow(s) <input type="checkbox"/>	Natural open water <input type="checkbox"/>		
*Natural waterfall(s) > 5m high <input type="checkbox"/>	Fringing reed-bank(s) <input type="checkbox"/>	Fen(s) <input type="checkbox"/>	Others (state) <input type="checkbox"/>		
*Natural waterfall(s) < 5m high <input type="checkbox"/>	Quaking bank(s) <input type="checkbox"/>	Bog(s) <input type="checkbox"/>			
Natural cascade(s) <input type="checkbox"/>	*Sink hole(s) <input type="checkbox"/>	Wet woodland(s) <input type="checkbox"/>			
N CHOKED CHANNEL (tick one box)					
Is 33% or more of the channel choked with vegetation? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>					
O NOTABLE NUISANCE PLANT SPECIES Use ✓ or E (≥ 33% length) *record even if <1%					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> bankface banktop to 50m None <input type="checkbox"/> *Giant hogweed <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *Himalayan balsam <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *Japanese knotweed <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> *Other (state)..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div> <div> bankface banktop to 50m <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div> </div>					
P OVERALL CHARACTERISTICS (Circle appropriate words, add others as necessary)					
Major Impacts: landfill - tipping - litter - sewage - pollution - drought - abstraction - mill - dam - road - rail - industry - housing mining - quarrying - overdeepening - afforestation - fisheries management - silting - waterlogging - hydroelectric power Evidence of recent management: dredging - bank mowing - weed cutting - enhancement - river rehabilitation - gravel extraction - other (please specify) Animals: otter - mink - water vole - kingfisher - dipper - grey wagtail - sand martin - heron - dragonflies/damselflies Other significant observations: if necessary use separate sheet to describe overall characteristics and relevant observations					
Q ALDERS (tick one box in each of the two categories) *record even if <1%					
*Alders? None <input type="checkbox"/> Present <input type="checkbox"/> Extensive <input type="checkbox"/>			*Diseased Alders? None <input type="checkbox"/> Present <input type="checkbox"/> Extensive <input type="checkbox"/>		
R FIELD SURVEY QUALITY CONTROL (✓ boxes to confirm checks)					
Have you taken at least two photos that illustrate the general character of the site and additional photos of any weirs/slucices and major/intermediate structures across the channel? <input type="checkbox"/>					
Have you completed all ten spot checks and made entries in all boxes in E & F on page 2? <input type="checkbox"/>					
Have you completed column 11 of section G (and E if appropriate) on page 2? <input type="checkbox"/>					
Have you recorded in section C the number of riffles, pools and point bars (even if 0) on page 1? <input type="checkbox"/>					
Have you given an accurate (alphanumeric) grid reference for spot checks 1, 6 and end of site (page 1)? <input type="checkbox"/>					
Have you stated whether spot check 1 is at the upstream or downstream end of the site (top of page 2)? <input type="checkbox"/>					
Have you cross-checked your spot-check and sweep-up responses with the channel modification indicators given on page 2 of the spot-check key? <input type="checkbox"/>					

HABITAT MODIFICATION SCORE (HMS)

The HMS score for a site is the total of all the component scores in the categories listed below

A. Modifications at spot-checks

(abbreviations in brackets)

	Score per spot-check
Reinforcement to banks (RI)	2
Reinforcement to bed (AR)	2
Resectioned bank or bed (RS)	1
Two-stage bank modification (BM)	1
Embankment (EM)	1
Culvert (CV)	8
Dam, weir, ford (DA, FO)	2
Bank poached by livestock (PC)	0, if less than 3 spot-checks 1, if 3-5 spot-checks 2, if 6 or more spot-checks

B. Modification present but not recorded at spot-checks

	One bank (or channel)	Both banks
Artificial bed material	1	-
Reinforced whole bank	2	3
Reinforced top or bottom of bank	1	2
Resectioned bank	1	2
Embankment	1	1
Set-back embankment	1	1
Two-stage channel	1	3
Weed-cutting	1	-
Bank-mowing	1	1
Culvert	8 for each	
Dam, weir, ford	2 for each	

C. Scores for features in site as a whole

	One	Two or more	Site
Footbridge	0	0	
Roadbridge	1	2	
Enhancements, such as groynes	1	2	
Site partly affected by flow control			1
Site extensively* affected by flow control			2
Partly realigned channel**			5
Extensively* or wholly realigned channel**			10

* Extensive means at least a third of channel length.

** information from map

ANEXO 1.3

MÉTODO BANCS (CATEGORIAS DE RISCO BEHI (BANK ASSESSMENT FOR NON-POINT SOURCE CONSEQUENCES OF SEDIMENT) E NBS (NEAR BANK SHEAR STRESS) (ROSGEN, 2001)

- CATEGORIAS DE RISCO BEHI

- CATEGORIAS DE RISCO NBS

CATEGORIAS DE RISCO BEHI - Folha de medições em campo

Rio: _____ Troço: _____

Ponto de Amostragem: _____

Quadro 1 - Tabela com os valores numéricos para a atribuição da categoria de risco de BEHI (adaptado de Rosgen, 2001)

Categoria de risco		Altura Margem/ Profundidade leito dominante	Densidade Raízes/ Altura margem	Densidade ponderada de raízes	Ângulo talude (Graus)	Proteção da superfície (%)
Muito Baixo	Valor	1.0 – 1.1	1.0 – 0.9	100 – 80	0 – 20	100 - 80
	Índice	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9
Baixo	Valor	1.11 – 1.19	0.89 – 0.5	79 – 55	21 – 60	79 - 55
	Índice	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9
Moderado	Valor	1.2 – 1.5	0.49 – 0.3	54 – 30	61 – 80	54 - 30
	Índice	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9
Elevado	Valor	1.6 – 2.0	0.29 – 0.15	29 – 15	81 – 90	29 - 15
	Índice	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9
Muito Elevado	Valor	2.1 – 2.8	0.14 – 0.05	14 – 5.0	91 – 119	14 - 10
	Índice	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0	8.0 – 9.0
Extremo	Valor	>2.8	<0.05	<5	>119	<10
	Índice	10	10	10	10	10

Quadro 2 - Categorias de risco de BEHI (adaptado de Rosgen, 2001).

TOTAL	10 – 19.9	20 – 29.9	30 – 45	45.1 - 50
Categorias BEHI	Baixo	Moderado	Elevado / Muito Elevado	Extremo

Dados de base:

- Altura da Margem (m): _____
- Profundidade do leito dominante (m): _____
- Profundidade de raízes (m): _____
- Densidade de raízes (%): _____
- Proteção do talude da margem (%): _____
- Ângulo da margem (graus): _____

Quadro 3 – Determinação das categorias de risco de BEHI para cada ponto de amostragem.

	Valor do Parâmetro	Índice	Categoria de Risco
Altura margem (m) / Profundidade do leito dominante (m)			
Densidade de raízes (%) / Altura da margem (m)			
Densidade Ponderada das margens (%)			
Ângulo da margem (graus)			
Proteção do talude da margem (%)			
Total Parcial			
Correções			
Total			

CATEGORIAS DE RISCO -NBS - Folha de medições em campo

Rio: _____ Troço: _____

Ponto de Amostragem: _____

Quadro 4 - Tabela com os valores para a atribuição da categoria de risco de NBS (adaptado de Rosgen, 2001)

Categorias NBS	Relação tensões de arrastamento	Gradiente velocidades
Muito Baixo	menor que 0.8	menor que 0.5
Baixo	0.8 – 1.05	0.5 – 1.0
Moderado	1.06 – 1.14	1.1 – 1.6
Elevado	1.15 – 1.19	1.61 – 2.0
Muito Elevado	1.20 – 1.60	2.1 – 2.4
Extremo	maior que 1.60	maior que 2.4

Dados de base:

- Tensão de arrastamento junto à zona do talude da margem (τ_m): _____
- Tensão de arrastamento na zona do leito dominante (τ_l): _____

Quadro 5 - Determinação das categorias de risco de NBS (Tensões de Arrastamento) para cada ponto de amostragem

Relação tensões de arrastamento	Ponto de Amostragem
(τ_m)/ (τ_l)	
Categoria de risco (Tensões)	

- Velocidade junto à zona do talude da margem (v_m): _____
- Máxima velocidade registada na secção transversal (v_{max}): _____
- Distância horizontal entre esses dois pontos ($dist$): _____

Gradiente velocidades	Ponto de Amostragem
(($v_m - v_{max}$)/ $dist$))	
Categoria de risco (Gradiente de velocidades)	

ANEXO 2

ANEXO 2.1

MATRIZ DE APOIO À DECISÃO NA SELEÇÃO DE ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO DE MARGENS (BIEDENHARN ET AL., 1997)

- MATRIZ DE APOIO À DECISÃO (ASPETOS FÍSICOS, AMBIENTAIS E ECONÓMICOS)

Quadro 1 – Matriz de apoio à decisão na seleção de estruturas de proteção de margens (Biedenharn et al., 1997)

[illegible]

ANEXO 2.2

METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARGENS (TEIGA, 2011)

- ETAPAS DE APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARGENS

ESQUEMA GERAL

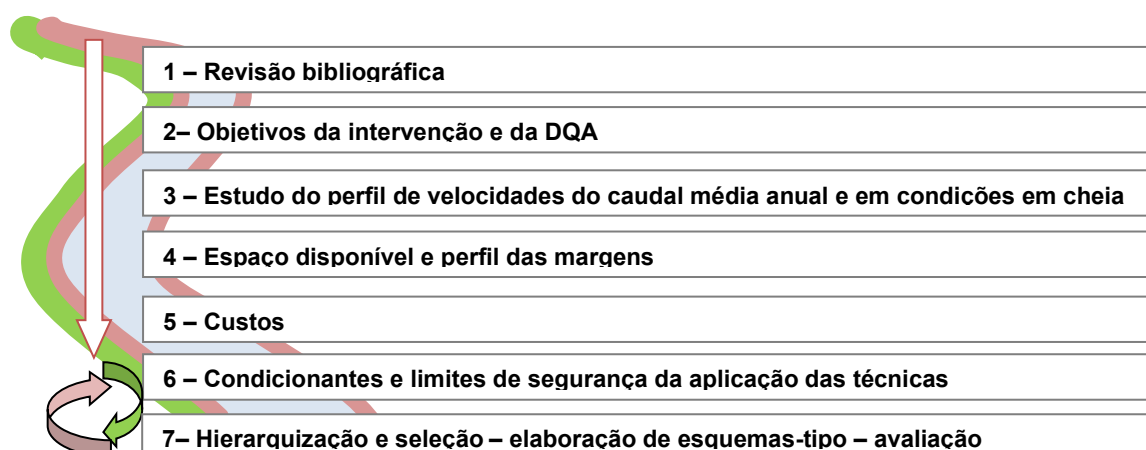


Figura 1 - Etapas de aplicação dos critérios de seleção de técnicas de estabilização de margens (Teiga, 2011)

A classificação dos critérios para hierarquização das técnicas a selecionar é efetuada de acordo com atribuição de um valor quantitativo ou de uma escala de I a III (I- Bom/Boa, II – Aceitável/Razoável, III – Inadequada) (Quadro 1).

Quadro 1 – Exemplo de aplicação dos critérios de seleção de técnicas, de acordo com metodologia proposta (Teiga, 2011)

Critério de seleção de técnicas	Exemplo/classificação
1- Revisão bibliográfica	(Gray & Sotir, 1996; Cortes, 2004; Sutuli, 2005; Zeh, 2007; Sanna, 2008; Mas, 2008; Fernandes, 2010; APENA, 2010)
2- Objetivos da intervenção e da DQA	Atingir a boa qualidade
Objetivos do projeto	Estabilização das margens, função de corredor ecológico
3 – Estudo do perfil de velocidades do caudal normal e em condições em cheia	
Tipologia de curso de água	Tipologias da DQA (INAG, 2009)
Estudo do perfil de velocidades no local de instalação	Estudos específicos; m/s
Regime de caudais	Estudos específicos; m³/s
Valores máximos de velocidade em cheia	Estudos específicos; m³/s
Duração do evento	Estudos específicos; minutos/horas
Limites de velocidade admitidos	Estudos específicos; m/s
4 – Espaço disponível e perfil das margens	
Espaço disponível no local para instalação	m²
Declive das margens	%; °
Humidade no solo	Hidrófilo, mesófilo, xerófilo
Tipo de solo	Pedregoso, argiloso, húmico
Acessibilidade	I a III
5 – Custos	
Construção (materiais e instalação)	€ ; Custos (Anexo 5.3, Tabela 39)
Manutenção	€
6 – Condicionantes e limites de segurança da aplicação das técnicas	
Limites de segurança em cheia	I a V
Declive da margem	plano, <35°; >35°
Disponibilidade de materiais	I a III

Critério de seleção de técnicas	Exemplo/classificação
Características biotécnicas	
Resistência à tracção	I a III
Resistência à ruptura	I a III
Resistência à imersão	I a III
Capacidade de drenante	I a III
Capacidade de consolidar os solos	I a III
Proteção de solos à erosão	I a III
Diminuição do escoamento superficial	I a III
Disponibilidade comercial	I a III
Nível de flexibilidade da vegetação	I a III
Disponibilidade da vegetação a nível comercial	I a III
Capacidade de reprodução vegetativa (após cheias e incêndios)	I a III
Velocidade de crescimento	I a III
Período de maturação	I a III
Adequabilidade ao clima	I a III
Capacidade de filtro de nutrientes e poluentes	I a III
Função <i>habitat</i>	I a III
Função de suporte	I a III
Função paisagística e recreativa	I a III
Facilidade de instalação	I a III
Durabilidade	I a III
Período de manutenção	I a III
Capacidade de auto-sustentabilidade (auto-renovação, manutenção)	I a III
Mecanização da técnica	I a III
7– Hierarquização e seleção – elaboração de esquemas-tipo – avaliação	
Adequabilidade aos objetivos	I a III
Hierarquização das técnicas selecionadas	I a III
Elaboração de esquemas-tipo por troço das técnicas	I a III
Seleção de indicadores de avaliação/acompanhamento	
Extensão de intervenção	m
Estados de conservação após cheias	I a III
Nível de desenvolvimento	I a III
Frequência de monitorização	Nº/ano;
Adequabilidade aos objetivos	I a III; %

ANEXO 3

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: _____ Bacia Hidrográfica: _____ ARH: _____ Coordenadas: LAT _____ LON _____

Distrito: _____ Concelho/Freguesia: _____ / _____ Carta Militar: _____ Data: _____ / _____ / _____

Nome observador: _____ Hora de início: _____ Condições Atmosféricas (hoje): _____ Choveu na última semana? Sim ☐ Não ☐**B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)**

A observação em cada ponto deve ser, no geral, 10m para jusante e 10m para montante (total de 20m).

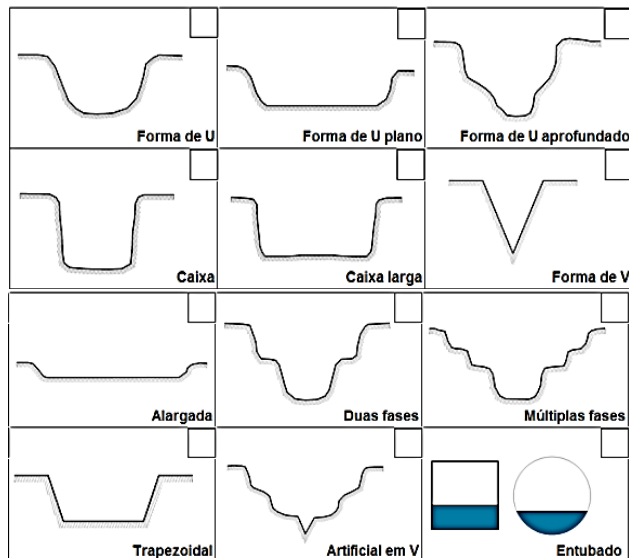
A observação global deve ser ao longo do troço de rio em estudo, sendo no mínimo 500m analisados com 3 pontos de amostragem.

Nível de água:

- ☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☐ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

- ☐ Montanha ☐ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☐ Lento ☐ Rápido**Forma do canal** (escolha apenas uma categoria):**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

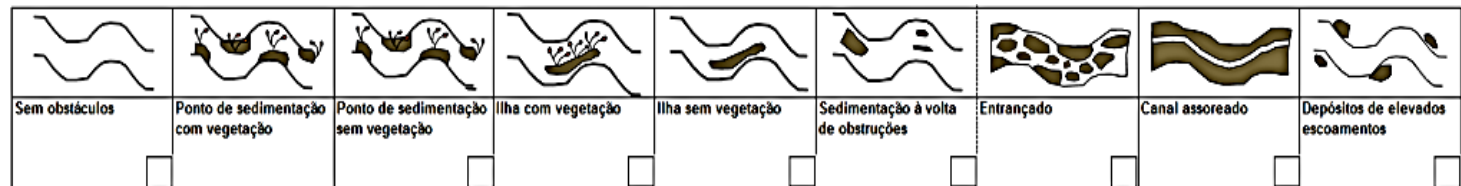
- ☐ ☐ Floresta Nativa
☐ ☐ Agricultura sem pastoreio
☐ ☐ Agricultura com pastoreio
☐ ☐ Vegetação exótica
☐ ☐ Encosta
☐ ☐ Urbano (residencial)
☐ ☐ Urbano (parque natural)
☐ ☐ Industrial / Comercial
☐ ☐ Outro: _____

Impactos locais:

- ☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☐ Estrada ☐ Canal retilíneo
☐ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☐ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: _____

Dimensão da linha de Água: ☐ $A < 10 \text{ km}^2$ ☐ $10 \text{ km}^2 < A < 100 \text{ km}^2$ ☐ $A > 100 \text{ km}^2$
 (Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Inclinação da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações		Reforçado
	Obstáculos		Revegetado
	Construções		Assoreamento
	Nova secção		Aterros nas margens
	Alinhado		Canalizado recentemente
	Realinhado		Canalizado antigamente

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: _____ m

Margem direita: _____ m

Granulometria do material da margem (D₅₀): _____

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/> Outro (s)
<input type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: _____

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

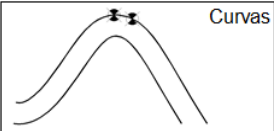
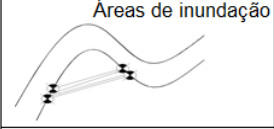
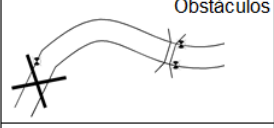
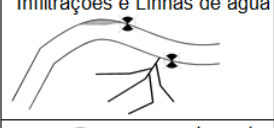
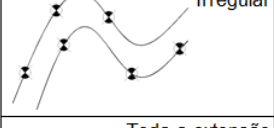
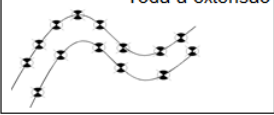
Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☐ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

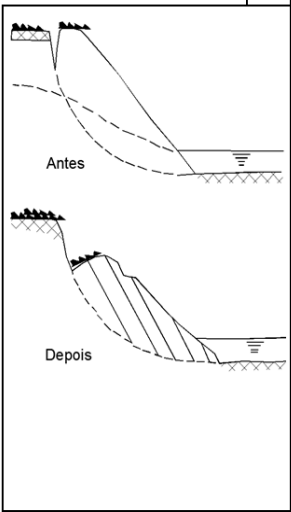
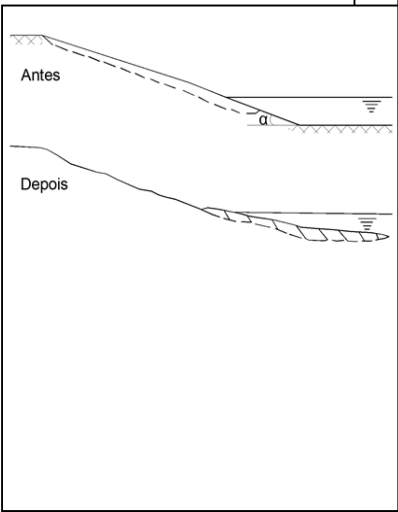
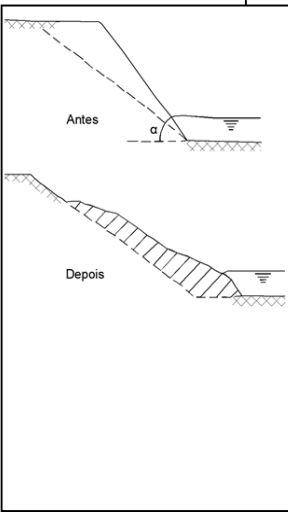
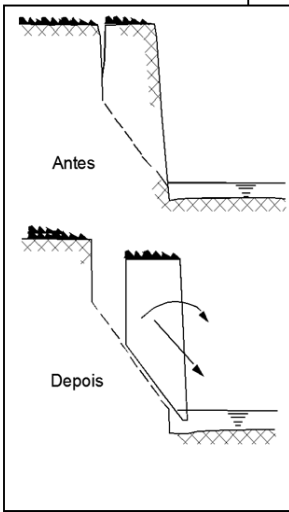
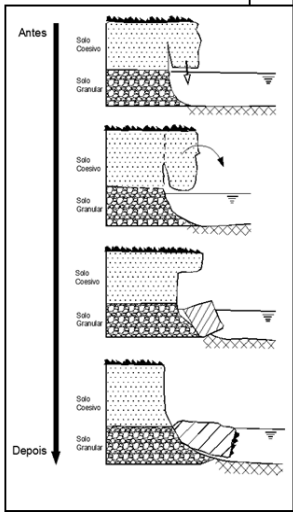
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
 Antes Depois	<input type="checkbox"/>	 Antes Depois	<input type="checkbox"/>	 Antes Depois	<input type="checkbox"/>
 Antes Depois					 Antes Depois

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

Matriz 1 - Triagem inicial com base na avaliação das condições *in situ*

Está a ocorrer? (Sim ou Não?)	Mecanismos de Rotura da Margem	Potencial adequação das soluções técnicas materiais de intervenção em margens fluviais																								
		Sem Intervenção	Modelação do Terreno	Técnicas Engenharia Tradicional (TET)								Técnicas de Engenharia Natural (TEN)										Técnicas Combinadas (TC)				
				Muro de Betão Armado	Muro de Gabião	Gabião Cilíndrico	Enrocamento	Colchão Reno	Defletor	Geomalha	Geocélulas	Sementeira	Hidrossementeira	Manta Orgânica	Biorolo	Estacaria viva	Faxina viva	Entrançado vivo	Muro vivo (cribwall)	Grade viva	Esteira viva	Gabião vivo	Enrocamento vivo	Colchão reno vivo	Defletor vivo	
	ROTURA PLANA / CIRCULAR																									
	Movimentos de Massa																									
	Solos saturados (<i>Piping</i>)	B*	B ₂	R*	R*	I	R*	R*	I	B ₂ *	B	B ₂	B ₂	B ₂ *	I	R ₂	D*	B ₂	B	B	B	R*	R*	R*	I	
	Aumento de carga sobre a margem	F	B ₂ *	B	B	F	B	B	I	R ₂	R ₂	F*	F*	F*	I	F	R ₂	R ₂	B	B ₂	R ₂	B	B	B	I	
	Perda de estrutura radicular	R*	B ₂	R	R	R	R	R	I	B ₂	R ₂	B ₂	B ₂	B ₂	R ₂	B	B	B ₂	R ₂	B ₂	B	R ₂	R ₂	R ₂	I	
	Remoção de suporte subjacente	F	B ₂	R*	R*	R ₂	R*	R*	I	F	R	F	F	F	I	R ₂	R ₂	R ₂	B	R ₂	F	R*	R*	R*	I	
	ROTURA ROTACIONAL																									
	Erosão Pontual																									
	Ponto de passagem (Pontes / Passadiços)	R*	B ₂ *	B ₂	B	B ₂	B	B	I	R	R	F	F	F	F	R ₂	R ₂	R ₂	R	R	R	B	B	B	I	
	Características específicas da margem (Ex. geometria; geotecnia)	D*	R ₂	R	R	R	R	R	R*	R ₂	R	B ₂	B ₂	R ₂	R ₂	R	R	R	B ₂	B	B	R	R	R	R*	
	Obstruções (resíduos / detritos de árvores)	I	R ₂ *	B	B	B ₂	B	B	R*	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	R ₂	R ₂	B ₂	B ₂	B	B ₂	B ₂	B	B	B	R*	
	Remoção do material da base da margem																									
	Vegetação ausente ou reduzida	F	B ₂	R*	R*	R*	R*	R*	I	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B	B	B	B	B	B	R ₂	R ₂	R ₂	F	
	Ao longo de uma curva	D	B ₂	B	B	B ₂	B	B	B ₂	R ₂	R	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	B ₂	B ₂	B	B	B ₂	B	B	B	B ₂	
	Canal com baixa rugosidade	F	B ₂	R	R	F	R	R	B ₂	B ₂	B ₂	R ₂	R ₂	B ₂	R ₂	B	B	B	B	B	B	R	R	R	B ₂	
	Adequação de cada solução técnica Adequado/Inadequado																									
Nível de Adequação: * Ver página seguinte para explicação adicional. B = Bom. A solução técnica de estabilização permite a estabilização e a correção da causa do mecanismo de rotura. B₂ = Bom, mas em combinação com uma solução técnica classificada com Bom (B) ou em situações de risco baixo ou moderado. R = Razoável. Permite a estabilização mas não corrige a causa do mecanismo de rotura. R₂ = Razoável, mas em combinação com uma solução técnica classificada com Bom (B). F = Fraco. Não permite a estabilização da margem. I = Impróprio. Não permite a estabilização da margem nem a correção da causa do mecanismo de rotura. D = Dependente das condições do local. --- = Não aplicável.										Notas: 1. As classificações de cada matriz são gerais. A atribuição de cada classificação deve estimular ainda mais a discussão na escolha da solução técnica de estabilização da margem adequada. Não é realizada nenhuma análise comparativa no que diz respeito ao custo unitário de cada solução. 2. Cada matriz inclui explicações relativas às classificações atribuídas. As explicações são dadas para as classificações que possam gerar dúvidas. 3. Consulte o capítulo 3 para obter as instruções de leitura destas matrizes.																

Matriz 1 - Triagem inicial com base na avaliação das condições *in situ*

EXPLICAÇÃO DA MATRIZ 1 - Ratings

Mecanismos de Rotura		Solução técnica	Rating	Explicação do Rating
Rotura Plana / Circular		Sem Intervenção	B; R; I; D	"Sem Intervenção" é sempre uma opção. Pode implicar a decisão de simplesmente não agir, ou definir a solução de um problema como a alteração/deslocação da infraestrutura em risco ao invés de implementar uma solução técnica de estabilização.
Rotura Rotacional				
Rotura Plana / Circular (Movimentos de Massa)	Todos	Enrocamento vivo	R	Assumir o enrocamento vivo como uma estrutura rígida de grande reforço.
	Solos Saturados	Muro Betão armado / Enrocamento	R	Assumir que tem uma drenagem adequada.
		Manta orgânica	B ₂	
		Faxina viva	D	Depende da profundidade da rotura.
	Aumento de carga	Várias soluções técnicas	F	Assumir que existe uma parte da margem vai ceder antes de toda a secção estar estabilizada.
		Modelação do terreno da margem.	B ₂	Assumir que a localização da carga que incidia sobre a margem foi deslocada.
	Perda de estrutura radicular	Sem Intervenção	R	Assumir que a causa do mecanismo de rotura é devida a ação antrópica.
	Remoção de suporte subjacente	Várias técnicas	D; R	Assumir como técnicas rígidas de grande reforço.
	Rotura Rotacional (Erosão Pontual)	Ponto de passagem (pontes / passadiços)	Sem Intervenção	R
Modelação do terreno da margem.			B ₂	Execução da terraplenagem de modo a criar um sistema de retenção de sedimentos.
Características específicas da margem (Ex. geometria; geotecnia)		Defletor (vivo)	R	Depende do tipo de características específicas da margem.
Obstruções (resíduos / detritos de árvores)		Defletor vivo	R	Localizações deste tipo de estruturas a montante melhoram e regulam o escoamento ao nível da sua energia.
		Modelação do terreno da margem.	R ₂	Não resolvem o problema. Apenas ajudam no apoio a planos de revegetação.

Matriz 2 - Triagem inicial com base na avaliação das condições de maior alcance (bacia hidrográfica)

Está a ocorrer? (Sim ou Não?)	Como é que cada solução técnica se comporta sob estas condições	Potencial adequação das soluções técnicas materiais de intervenção em margens fluviais																									
		Sem Intervenção	Modelação do Terreno	Técnicas Engenharia Tradicional (TET)								Técnicas de Engenharia Natural (TEN)										Técnicas Combinadas (TC)					
				Muro de Betão Armado	Muro de Gabião	Gabião Cilíndrico	Enrocamento	Colchão Reno	Defletor	Geomalha	Geocélulas	Sementeira	Hidrossementeira	Manta Orgânica	Biorolo	Estacaria viva	Faxina viva	Entrançado vivo	Muro vivo (cribwall)	Grade viva	Esteira viva	Gabião vivo	Enrocamento vivo	Colchão reno vivo	Defletor vivo		
	Adequação de cada técnica proveniente da <u>Matriz 1</u>																										
	Canal em EQUILÍBRIO																										
	Migração do canal																										
	Dentro da zona de migração do canal	B*	B ₂	F	F	R	R ₂	F	B ₂	B	B	B ₂	B ₂	B	B	R ₂	R ₂	R ₂	R	R	R	F	R ₂	F	B ₂		
	Fora da zona de migração do canal	F	B ₂	B	B	R	B	B	R ₂	R ₂	R ₂	F*	F*	F*	F*	R ₂	R ₂	R ₂	B	B ₂	B ₂	B	B	B	R ₂		
	Canal em DESEQUILÍBRIO																										
	Eventos de inundação de larga escala	R*	B ₂ *	D	D	D	D	D	D	R	R	I	I	F	F	R ₂	F	F	D	D	D	D	D	D	D		
	Deposição																										
	Alteração das condições hidrológicas / Aumento da carga de sedimentos	R*	B ₂	F	F	R ₂	R ₂	F	R ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B	B	B	B	B	B	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂		
	Redução da inclinação do canal	D*	B ₂	B	B	B	B	B	B	R	R	R ₂	R ₂	R ₂	F	R ₂	B ₂	B ₂	B	B	B	B	B	B	B		
	Confinamento do canal	R*	B ₂	B	B	B	R	R	B ₂	B ₂	B ₂	R ₂	R ₂	B ₂	R ₂	B	B	B	B	B	B	R	R	R	B ₂		
	Degradação																										
	Alteração das condições hidrológicas / Reduzida carga de sedimentos	D*	B ₂	B	R	B	F	R	B ₂	R	R	B ₂	B ₂	R	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R	B	R ₂	B ₂		
	Alteração do traçado e/ou uso das margens	D*	B ₂	B	B	R	B	B	R	R	R	R ₂	R ₂	R	R ₂	R ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B	B	B	B	B	R		
	Evolução natural do canal (desde a cabeceira até à foz)	B	R	R	R	R	R	R	R	B ₂	B ₂	R ₂	R ₂	B ₂	R ₂	B	B	B	R	R	B	R	R	R	R		
	Adequação de cada solução técnica Adequado/Inadequado																										
Nível de Adequação:											Notas:																
* Ver página seguinte para explicação adicional. B = Bom. B ₂ = Bom, mas em combinação com uma solução técnica classificada com Bom (B) ou em situações de risco baixo ou moderado. R = Razoável. R ₂ = Razoável, mas em combinação com uma técnica classificada com Bom (B). F = Fraco. I = Impróprio. D = Dependente das condições do local. --- = Não aplicável.											1. Os <i>ratings</i> de cada matriz são gerais. A atribuição de cada <i>rating</i> deve estimular ainda mais a discussão na escolha da adequada solução técnica de estabilização da margem. Não é realizada nenhuma análise comparativa no que diz respeito ao custo unitário de cada técnica. 2. Cada matriz inclui explicações relativas às classificações atribuídas. As explicações são dadas para as classificações que possam gerar dúvidas. 3. Consulte o capítulo 3 para obter as instruções de leitura destas matrizes.																

Matriz 2 - Triagem inicial com base na avaliação das condições de maior alcance (bacia hidrográfica)

EXPLICAÇÃO DA MATRIZ 2 - Ratings

Causa baseada nas condições de maior alcance		Solução técnica	Rating	Explicação do Rating
Equilíbrio; Desequilíbrio				
Todos	Evento de inundação de larga escala	Várias soluções técnicas	R; B ₂ *; D	Esta escolha depende da probabilidade de ocorrência de novas inundações; e se, as anteriores tornaram a zona mais vulnerável no que diz respeito à erosão das margens.
Canal em DESEQUILÍBRIO				
Todos		Sem intervenção	D	Na realização de um projeto de estabilização de margens devem ser avaliadas diferentes componentes de um rio à escala da bacia hidrográfica.
Deposição	Todos	Plano de vegetação ribeirinha	G	O plano de vegetação ribeirinha vai reforçar as margens e aumentar a rugosidade.
	Alteração das condições hidrológicas / Aumento da carga de sedimentos	Defletor vivo	B	São apropriadas soluções técnicas que promovam a rugosidade.
Degradação	Todos	Plano de vegetação ribeirinha	R ₂	Não resolve a degradação do canal, mas inicia um reforço de estabilização a longo prazo.
	Alteração das condições hidrológicas / Diminuição da carga de sedimentos	Sem intervenção	D	"Sem Intervenção" pode ser apropriada se o canal se estiver a aproximar do estado de equilíbrio.
		Várias soluções técnicas de engenharia natural e rígidas	R; F	Geralmente, a rugosidade é um ponto favorável para um canal degradado. A utilização de técnicas rígidas não incrementa um aumento significativo de rugosidade. Devem-se assumir técnicas de engenharia natural que forneçam maior rugosidade e resiliência às margens.

Matriz 3 - Triagem com base no potencial impacto nos *habitats* a longo prazo

Esta técnica gera impactos nos <i>habitats</i> ou mitiga os principais problemas presentes no local		Potencial adequação das soluções técnicas materiais de intervenção em margens fluviais																							
		Sem Intervenção	Modelação do Terreno	Técnicas Engenharia Tradicional (TET)								Técnicas Engenharia Natural (TEN)								Técnicas Combinadas (TC)					
				Muro de Betão Armado	Muro de Gabião	Gabião Cilíndrico	Enrocamento	Colchão Reno	Defletor	Geomalha	Geocélulas	Sementeira	Hidrossementeira	Manta Orgânica	Biorolo	Estacaria viva	Faxina viva	Entrançado vivo	Muro vivo (cribwall)	Grade viva	Esteira viva	Gabião vivo	Enrocamento vivo	Colchão reno vivo	Defletor vivo
Adequação de cada técnica proveniente da <u>Matriz 2</u>																									
Função Ripária	Impactos	E	B	A	A	A	A	A	M	B	B	E	E	B	E	E	E	E	M	E	E	M	M	M	B
	Compensada por	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	C	C	C	C	C	C	C	---	C	---	---	---	---	
Coberto da vegetação	Impactos	E	B	A	A	A	A	A	A	B	B	E	E	B	B	E	E	E	B	B	E	M	M	M	M
	Compensada por	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	C	C	--	---	C	C	C	C	C	---	---	---	---	
Refúgios e alimentação	Impactos	E	E	A	A	M	M	A	M	M	M	E	E	M	B	E	E	E	M	B	E	M	M	M	E
	Compensada por	---	C	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	C	C	C	C	---	---	---	---	---	C
Diversidade de espécies autóctones	Impactos	E	B	A	A	A	A	A	A	M	M	E	E	B	B	E	E	E	D*	D*	D*	D*	D*	D*	D*
	Compensada por	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	C	C	C	C	C	C	---	---	---	--
Adequação de cada solução técnica da <u>Matriz 3</u>																									
Adequado / Inadequado																									
Nível de Adequação:											Notas Gerais:														
* Ver página seguinte para explicação adicional. D = Dependente das condições do local.											1. Os <i>ratings</i> são apresentados tendo por base impactos de longo prazo ao invés de impactos de curto prazo. Estes podem variar se análise tiver em consideração os impactos de curto prazo. Cada avaliação é subjetiva e pode variar dadas as condições específicas do local, sendo fundamental um programa de monitorização que calibre as classificações atribuídas, nomeadamente através da análise de informação de uma base de dados.														
As classificações (<i>ratings</i>) para os potenciais impactos são:											2. A intervenção pode causar impactos temporários. Consulte o capítulo 2 para obter informações sobre como os reduzir durante essa fase.														
E = Impacto evitado. Os impactos para as funções de <i>habitat</i> são geralmente evitados. B = Baixo impacto. M = Médio impacto. A = Alto impacto.											3. "Sem intervenção" pode implicar a decisão de simplesmente não agir, ou definir a solução de um problema como a alteração/deslocação da infraestrutura em risco ao invés de implementar uma solução técnica de estabilização.														
As classificações (<i>ratings</i>) para as compensações são: C = A solução técnica compensa o impacto gerado na <i>habitat</i> . D = Dependente das condições do local. --- = Não aplicável.											4. A matriz 3 tem como objetivo auxiliar na identificação de soluções que vão evitar ou minimizar os impactos ou, por outro lado, compensar as perdas. Note-se que esta matriz é geral, não tem em consideração quaisquer exceções devidas a requisitos de <i>habitat</i> ou condições específicas dos locais de intervenção. Pretende ser uma primeira tentativa de relacionar as soluções técnicas de estabilização de margens e os principais impactos por elas gerados.														

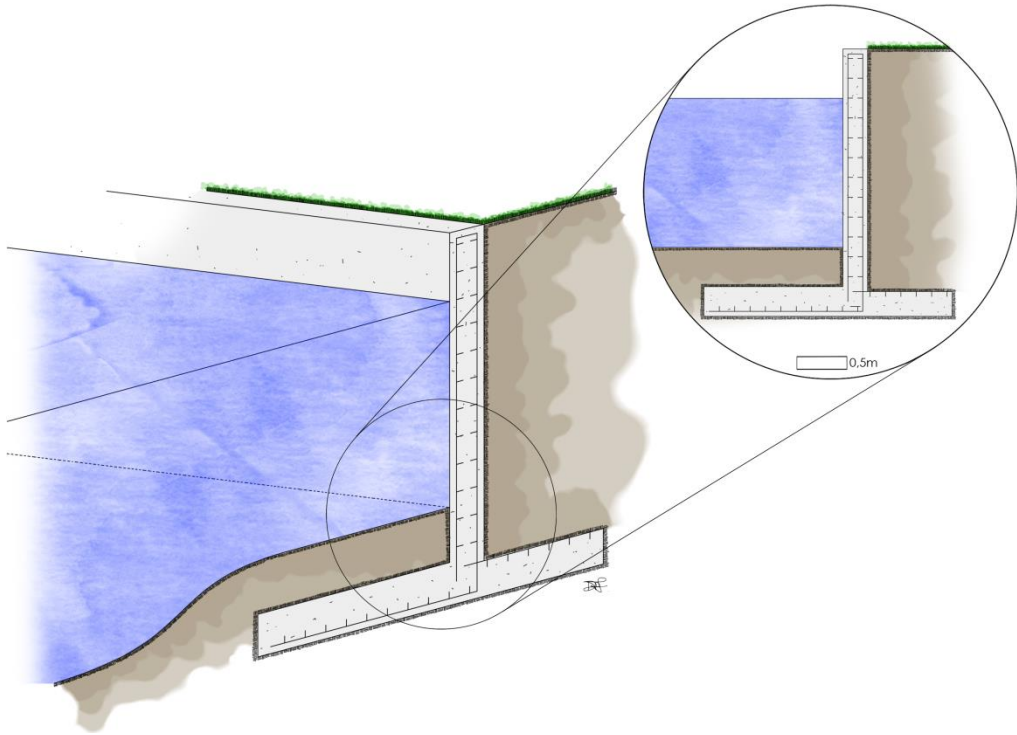
Matriz 3 - Triagem com base no potencial impacto nos *habitats* a longo prazo

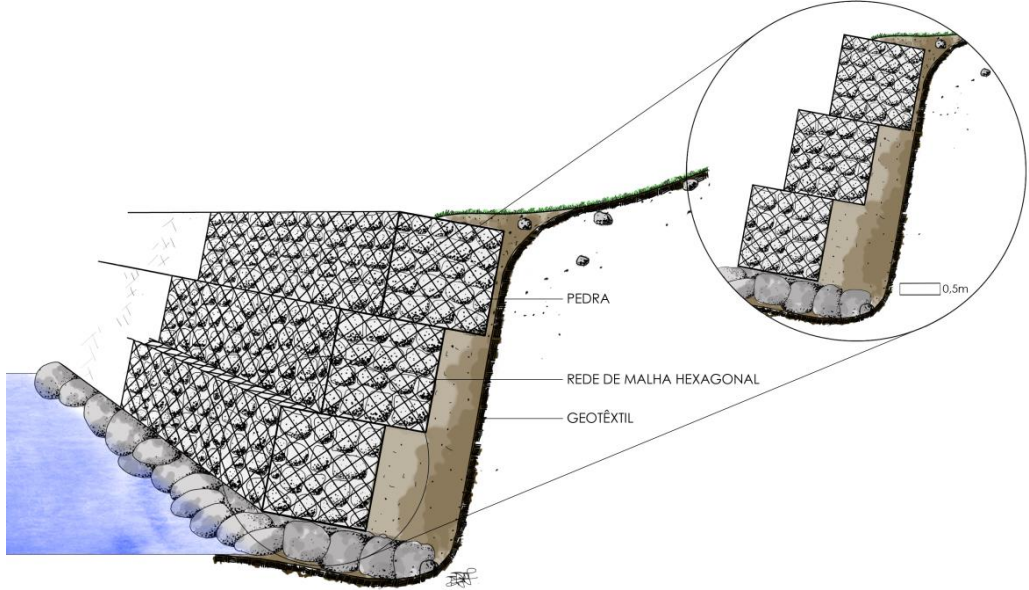
EXPLICAÇÃO DA MATRIZ 3 - *Ratings*

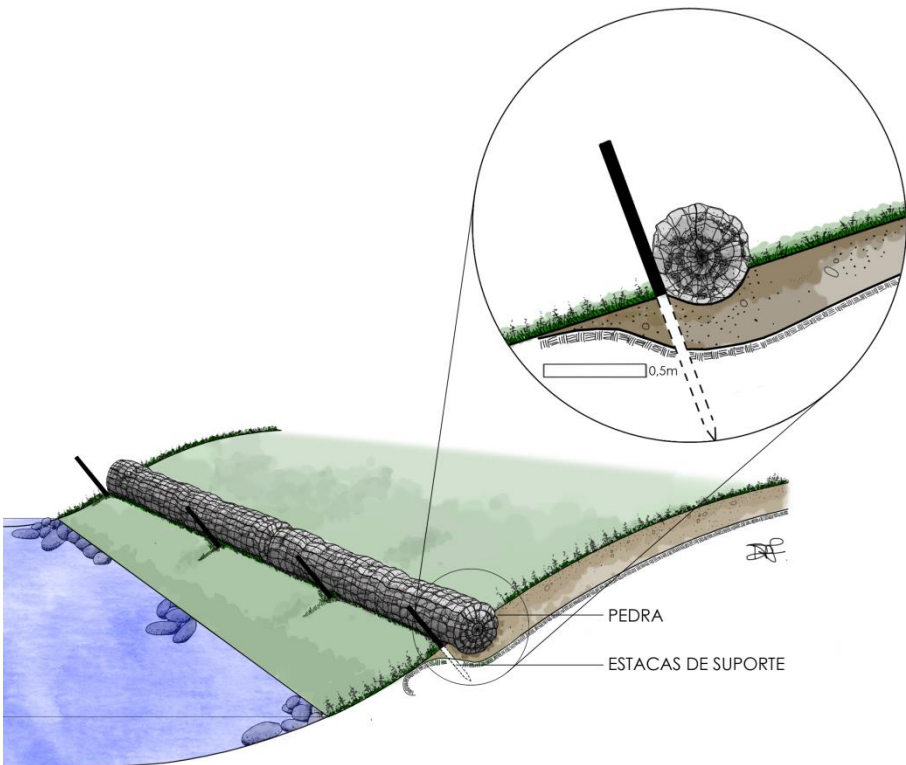
Função do <i>Habitat</i>	Impacto causado por ou Compensado por	Solução técnica	<i>Rating</i>	Explicação do <i>Rating</i>
Todos	Impactos para; Compensados por;	Várias soluções técnicas	E; C	Assume-se que um conjunto completo de características de salvaguarda dos <i>habitats</i> é incluído no projeto de estabilização de margens.
Função Ripária	Impactos para; Compensados por;	Várias soluções técnicas	D	Pode depender do tipo de vegetação presente no local.
Coberto da vegetação	Impactos para; Compensados por;	Defletor vivo	M	Assume-se que o defletor vivo é construído com uma estrutura de madeira.

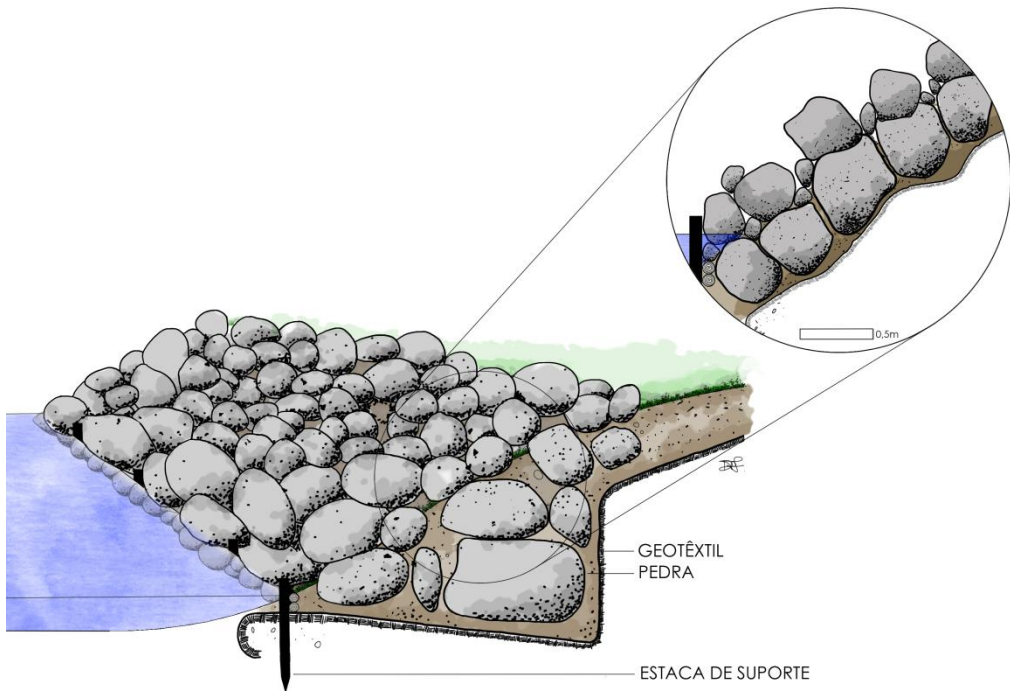
ANEXO 4

TÉCNICAS ENGENHARIA TRADICIONAL (TET)

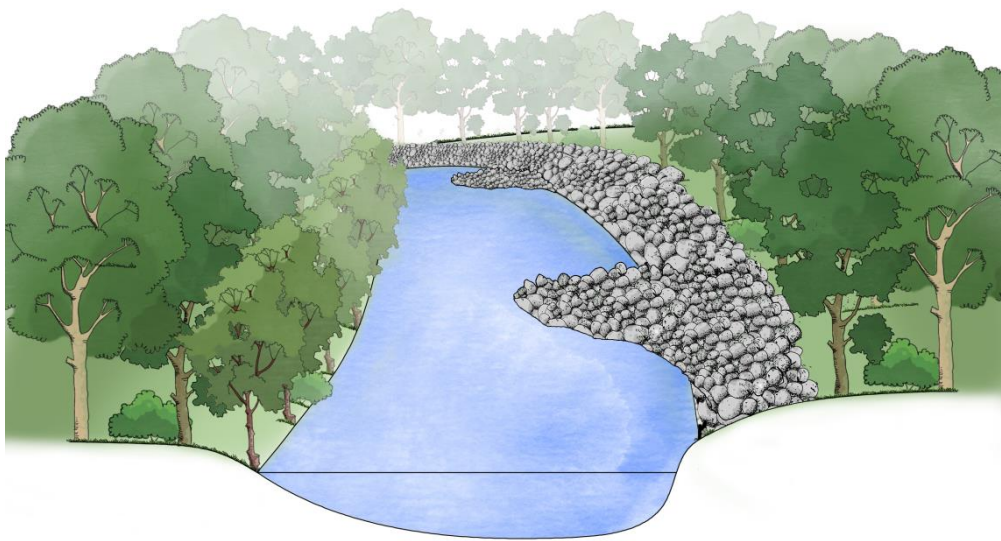
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Muro de Betão Armado	
Descrição (Características técnicas)	É uma estrutura resistente para proteção de margens fluviais. As fundações devem estar assentes em terreno firme (rocha) e a drenagem tem de ser garantida especialmente em épocas de grande precipitação.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação variável.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 6 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau \geq 500 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Proteção de inundações. Proteção de investimentos ao longo das margens.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual negativo.
Campo de atuação	Quando as margens têm uma forte pendente, elevada altura e requerem estruturas rígidas de suporte contra a erosão.
Materiais	Cimento; Agregados; Água de amassadura; Adjuvantes e adições.
Vantagens	Execução rápida e simples; Efeito de contenção imediato;
Desvantagens	Elevado custo de construção; Artificialidade da estrutura, não permitindo a existência de vegetação.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	180 min/m^3 .
Custo (€/m³)	150 - 250
Esquemas/Exemplos	

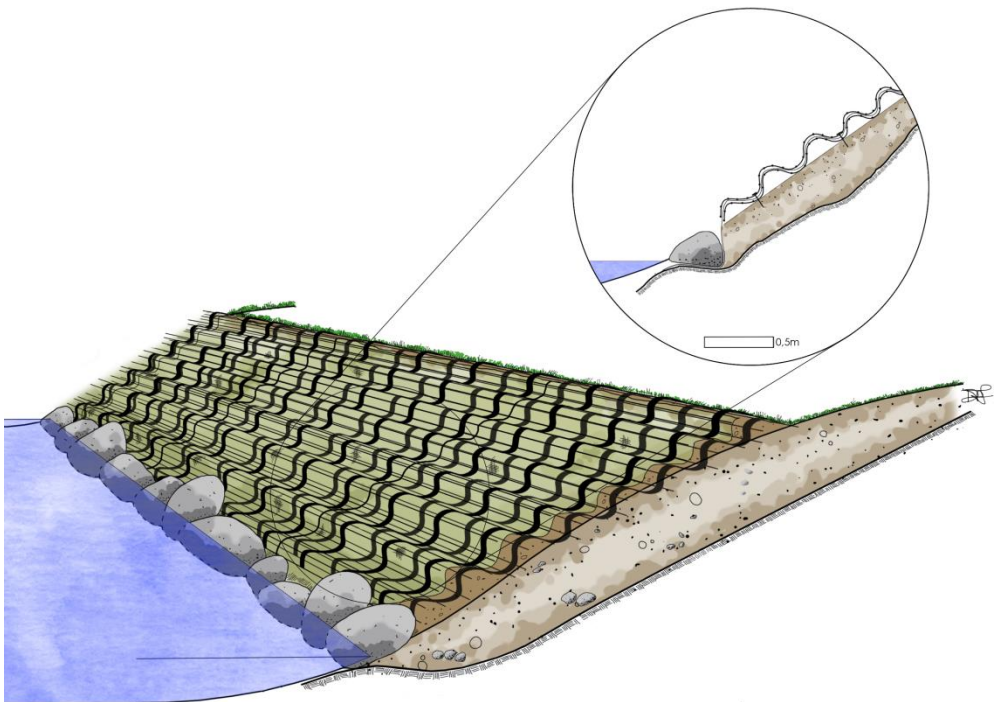
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Muro de Gabião	
Descrição (Características técnicas)	Estrutura em forma de caixa prismática retangular, feita com rede de malha hexagonal em arame galvanizado reforçado, sendo o seu interior preenchido com pedra não friável. Desempenham funções de proteção contra a erosão fluvial e ao mesmo tempo servem de suporte à margem em caso de instabilidade gravítica.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Todo o tipo de inclinações.
Viabilidade em relação à altura da margem	Alturas superiores a 2 metros.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	6 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	500 Pa
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Linearidade fluvial (meandrização); Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	O impacto visual negativo.
Campo de atuação	Proteção e defesa de margens; Margens com elevada inclinação e compostas por material não consolidado.
Materiais	Seixo do rio ou outro tipo de pedra de dimensões adequadas; Rede metálica de dimensões <i>standard</i> ; Arame galvanizado reforçado.
Vantagens	Execução rápida e simples; Efeito de contenção imediato; Reutilização de materiais locais; Flexíveis e permeáveis; Zonas com limitado espaço de intervenção / taludes íngremes.
Desvantagens	A não utilização de pedra de enchimento recolhida na zona de intervenção faz aumentar consideravelmente os custos; Artificialidade da estrutura; Não resiste a grandes pressões laterais; Apresenta enormes dificuldades e custos para ser reabilitado. Apresenta uma duração estimada de cerca de 25 anos.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	60-90 min/m ³
Custo (€/m³)	70 - 100
Esquemas/Exemplos	

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Gabião cilíndrico	
Descrição (Características técnicas)	Rolo cilíndrico e flexível, estruturado em rede de polipropileno de alta densidade ou em rede metálica, e preenchido no seu interior por pedra/seixo, de preferência recolhida no local de intervenção. O gabião cilíndrico torna-se numa ferramenta fundamental em obras com carácter urgente, como sendo em locais de difícil acesso ou em solos com baixa capacidade de suporte.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Todo o tipo de inclinações.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 3 - 4 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 400 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Linearidade fluvial (meandrização); Mobilidade de sedimentos; Diminuir a velocidade de escoamento; Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual negativo, mas quando aplicado em conjunto com uma técnica de engenharia natural apresenta resultados moderados.
Campo de atuação	Como revestimento da base de margens fluviais (com elevadas velocidades de escoamento, ondulação constante e zonas afetadas pelo desaguamento de passagens hidráulicas). Separador ou filtro de elementos sólidos em suspensão.
Materiais	Rede de polipropileno ou arame; pedras de dimensões adequadas; Prumos de madeira (opcional).
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> •Flexibilidade estrutural; •Permeabilidade; •Fácil instalação; •Versatilidade.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> •Disponibilidade de materiais; •O elevado peso da estrutura requer a utilização de maquinaria para o seu transporte e instalação.
Período de Execução	Em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	15 min/ml
Custo (€/ml)	25 - 60
Esquemas/Exemplos	 <p>PEDRA</p> <p>ESTACAS DE SUPORTE</p>

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Enrocamento	
Descrição (Características técnicas)	Trata-se de uma técnica extremamente dura destinada essencialmente ao revestimento de margens de linhas de água com correntes particularmente agressivas. A utilização única e exclusivamente desta técnica promovem o aumento da energia cinética do rio, causando um progressivo aumento dos problemas a jusante, retarda a colonização vegetativa e a interface entre a vegetação e a linha de água. É uma obra de defesa longitudinal, que consiste na colocação de pedras de média-grande dimensão. Apresenta um carácter permanente quando projetada adequadamente.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação máxima de 65°.
Viabilidade em relação à altura da margem	A aplicação desta técnica é apropriada para qualquer altura da margem, desde que se respeite a inclinação aconselhada.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 3 \text{ m/s}$ ($D_{50}=15\text{cm}$); $V = 4.8 \text{ m/s}$ ($D_{50}=45\text{cm}$)
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 125 \text{ Pa}$ ($D_{50}=15\text{cm}$); $\tau = 380 \text{ Pa}$ ($D_{50}=45\text{cm}$);
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual negativo.
Campo de atuação	Locais onde seja evidente a necessidade imediata de combate à erosão. Margens fluviais com notável transporte sólido e elevadas velocidades de corrente.
Materiais	Pedras de média-grande dimensão; Geotêxtil; Troncos de madeira (opcional).
Vantagens	Efeito protetor imediato; Favorece a sedimentação do material fino; Capacidade drenante; Reduzida manutenção quando projetada adequadamente.
Desvantagens	Técnica de difícil execução em zonas de acessos limitados; Custo elevado devido à utilização de maquinaria pesada.
Período de Execução	A estrutura poderá ser realizada em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m ³
Custo (€/m³)	35 - 70
Esquemas/Exemplos	 <p>Diagrama de um enrocamento em uma margem fluvial. A ilustração mostra uma seção transversal da margem com uma camada de pedras (pedra) sobreposta a um geotêxtil. Uma estaca de suporte (estaca de suporte) é mostrada cravada no solo sob o geotêxtil. Um círculo de ampliação no canto superior direito mostra uma vista detalhada da interface entre as pedras e o geotêxtil. Uma escala de 0,5m é indicada no canto inferior direito da ampliação.</p>

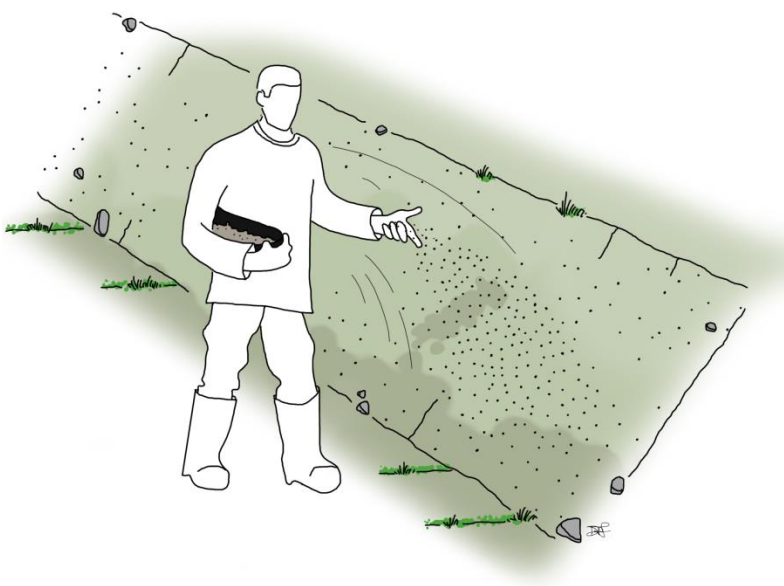
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Colchão Reno	
Descrição (Características técnicas)	É uma estrutura extremamente flexível, podendo ser usada para o revestimento de margens de rios e canais, assim como proteção de apoios de pontes, permeável à vegetação, constituída por colchões feitos em rede metálica galvanizada de dupla torção. Estes são colocados no local de intervenção, sendo feito o enchimento com pedras em seguida. Trata-se de uma estrutura muito porosa.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação < 60°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	V= 4 – 5 m/s
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 400 \text{ Pa} - 500 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Erosão do leito do rio; Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual negativo.
Campo de atuação	Proteção e defesa de margens; Adequado quando as margens tem uma forte pendente e requerem estruturas rígidas de suporte contra a erosão.
Materiais	Módulos pré-fabricados de rede metálica galvanizada, eventualmente plastificada, em formato de colchão; Material de enchimento (pedra de dimensões adequadas / terra vegetal); Terra vegetal; Arame; Barras metálicas de ancoragem.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade elevada; • Adaptam-se à morfologia do terreno; • Permeabilidade e flexibilidade.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura pesada e de difícil manuseamento; • A não utilização de pedra de enchimento recolhida na zona de intervenção faz aumentar consideravelmente os custos.
Período de Execução	A estrutura poderá ser realizada em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	45-60 min/m³.
Custo (€/m³)	70 - 100
Esquemas/Exemplos	 <p>O diagrama ilustra a aplicação do colchão de rede metálica galvanizada em uma margem fluvial. A parte principal é uma representação tridimensional que mostra a estrutura sendo colocada sobre uma margem inclinada, com pedras sendo usadas para enchimento. Uma seta indica a direção da correnteza. Um detalhe circular no canto superior direito fornece uma visão mais próxima da estrutura, mostrando a rede metálica e as pedras de enchimento. Uma escala de 0,5m é indicada no detalhe.</p>

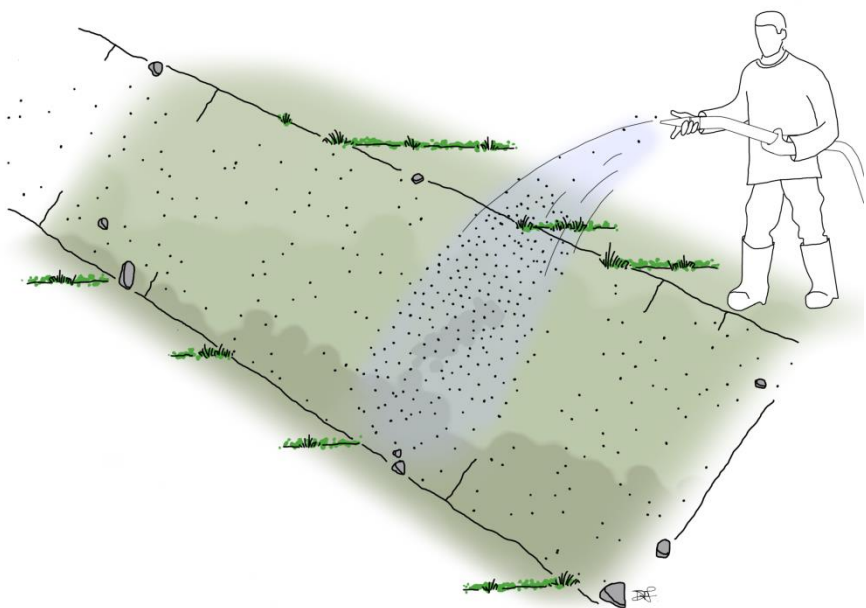
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Defletor	
Descrição (Características técnicas)	Os deflectores de corrente modificam a direção de corrente dos cursos de água, sendo, usualmente fixados às margens, mas também podem ser colocados livremente e isoladamente no canal. Tipicamente são posicionados a 45° entre a corrente e o fundo do rio e vão diminuir a sua largura em pelo menos 70 ou 80% das vezes. Trata-se de uma construção em pedra e desenvolvem eficazmente funções anti-erosivas, reduzindo a velocidade de escoamento e, consentindo a deposição de material sólido a jusante. Constituem também pontos de refúgio para a fauna.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação variável.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	5 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	400 Pa.
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Linearidade fluvial; Mobilidade de sedimentos; Necessidade de diminuir a velocidade da corrente.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual afetado.
Campo de atuação	Linhas de água onde haja necessidade de desviar a corrente das margens para evitar a erosão acentuada, ou para modificar a secção das linhas de água.
Materiais	•Material de enchimento (pedras, seixos).
Vantagens	•Tornam-se parte integrante da margem fluvial; Funções anti-erosivas: Redução da velocidade de escoamento e promovem a deposição de material sólido.
Desvantagens	•Podem causar erosão na margem oposta, caso não sejam bem dimensionados.
Período de Execução	A estrutura poderá ser realizada em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m³.
Custo (€/m³)	100 - 125
Esquemas/Exemplos	

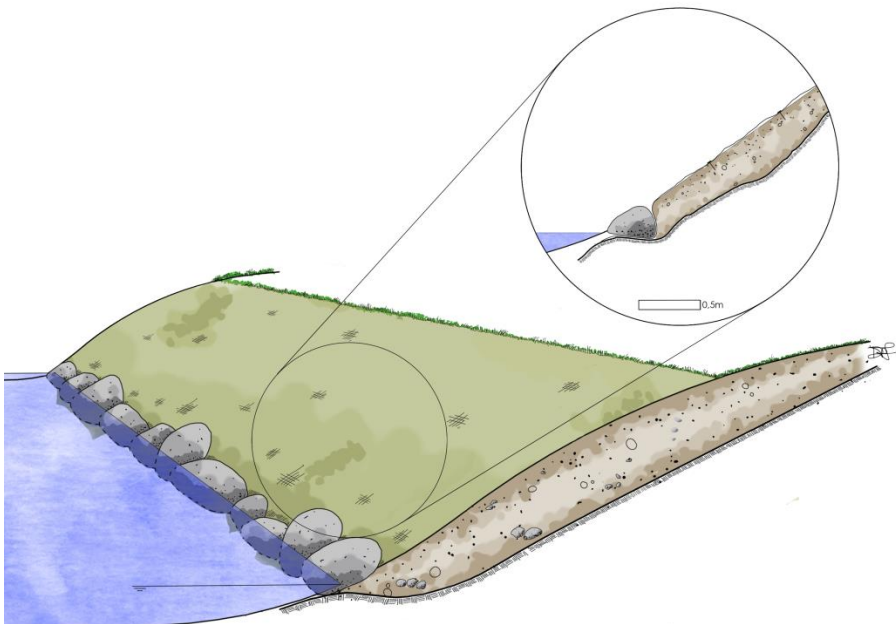
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Geomalha	
Descrição (Características técnicas)	As geomalhas consistem em malhas tridimensionais constituídas por filamentos orgânicos e sintéticos, dispostos de forma cruzada ou entrelaçada com o objetivo de criar uma proteção superficial do solo antes da criação de cobertura vegetal eficaz e permanente.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação < 70°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	V= 4 - 6 m/s
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 200 \text{ Pa} - 400 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Destina-se a garantir uma cobertura do solo que evite a ação direta dos agentes erosivos e diminua as perdas de água por evaporação; Necessidade de melhoria do estado ecológico das margens; Diminuição da capacidade de drenagem; Proteção a inundações; Controlo da erosão superficial.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual inicial negativo, mas quando aplicado em conjunto com uma técnica de engenharia natural apresenta bons resultados.
Campo de atuação	Como revestimento de margens fluviais (com inclinação acentuada, sujeitos à erosão superficial).
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> •Matriz de malha bi/tridimensional sintética (polipropileno, polietileno,...) •Grampos de fixação;
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> •Micro estabilidade (sistema artificial de fixação das raízes ao solo); •Ação de proteção imediata (diminui a perda de solo e sementes, por ação da chuva ou vento); •Durabilidade; •Contenção do solo / sedimentação.
Desvantagens	•Utilização de materiais sintéticos não biodegradáveis.
Período de Execução	Em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	15 min/m².
Custo (€/m²)	7.5 - 10
Esquemas/Exemplos	

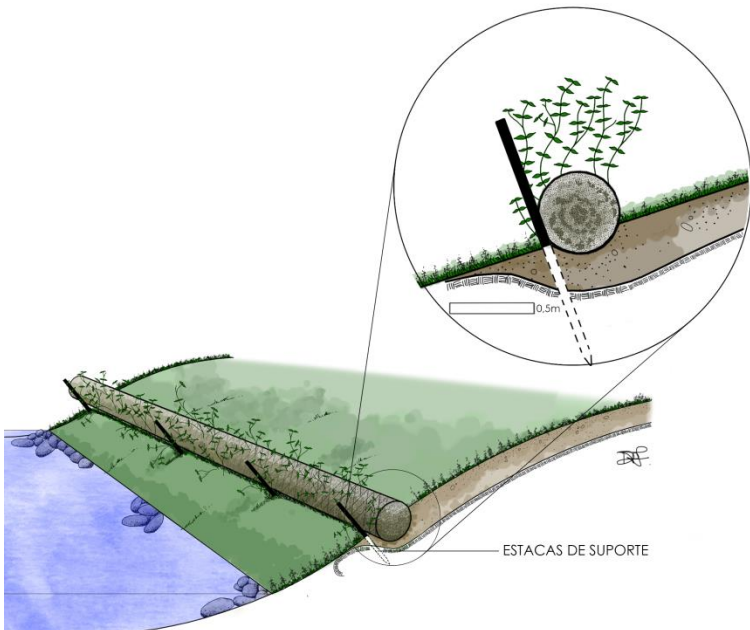
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Geocélulas	
Descrição (Características técnicas)	São sistemas de confinamento celular, constituídos por células tridimensionais em diversos formatos (ex.: favo de mel), fabricadas em polietileno de alta densidade usando um processo de extrusão simples e contínuo. Uma vez expandidas até à sua máxima extensão e preenchidas com solo ou outros inertes, a sua estrutura torna-se inextensível e monolítica, providenciando um efetivo meio de confinamento para materiais não consolidados, colocados em células individuais, prevenindo o seu movimento mesmo em taludes íngremes.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação inferior a 60°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 4 - 5 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 200 \text{ Pa} - 400 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade de taludes (geotecnia, capacidade hidráulica); Diminuição da capacidade de drenagem; Proteção a inundações.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual inicial negativo, mas quando aplicado em conjunto com uma técnica de engenharia natural apresenta bons resultados.
Campo de atuação	Estabilização de margens fluviais com reduzida cobertura de vegetação ou com materiais não consolidados.
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> •Painel de geocélulas de formato alveolar; •Material de enchimento (pedra, solo, etc.); •Geotêxtil; •Grampos de fixação; •Tendões de fixação.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> •Permite obter uma boa compactação do terreno; •Boa drenagem; •Instalação rápida devido à expansão dos painéis, abrangendo uma área considerável de imediato; •Diminui o escoamento superficial; •Favorece a infiltração das águas; •Bom estabelecimento da vegetação.
Desvantagens	•Se não for bem executada, não se integra na paisagem, tornando-se um elemento estranho.
Período de Execução	Em qualquer altura do ano, à exceção das intervenções que se complementem com sementeira, as quais deverão ser feitas nos períodos adequados (Primavera e Outono).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	15 min/m ² .
Custo (€/m²)	15 - 40
Esquemas/Exemplos	

TÉCNICAS ENGENHARIA NATURAL (TEN)

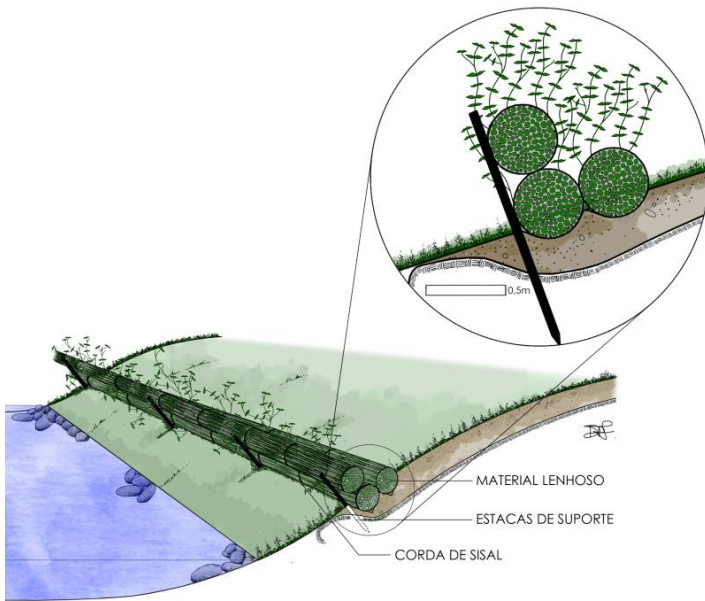
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Sementeira	
Descrição (Características técnicas)	A colheita das sementes deve ser feita tendo em conta a sua época de maturação e antes do início da sua dispersão. O armazenamento e transporte de sementes devem: evitar humidade no transporte; evitar transportar e/ou armazenar as sementes com produtos químicos; o armazenamento deverá ser feito em local fresco e ventilado; deverá haver circulação de ar entre os sacos de semente no armazém. A distribuição de sementes à superfície do solo é relativamente económica, contudo representa às vezes uma reduzida taxa de sucesso.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação variável.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 0.5 - 1 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = < 100 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Necessidade de melhoria do bom estado ecológico; Alteração das comunidades vegetais dos rios; Invasão de espécies exóticas; Controlo da erosão superficial.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Aplica-se em terrenos naturais estáveis e com alguma rugosidade, onde seja necessária uma rápida proteção do terreno contra os fenómenos erosivos superficiais.
Materiais	Sementes herbáceas, arbustivas ou arbóreas de espécies autóctones, em quantidades variáveis, consoante as características estacionais do local de intervenção, e das espécies a semear. As espécies herbáceas têm um tempo de germinação rápido, capaz de produzir um tapete protetor sobre a superfície do solo, ao mesmo tempo que com o desenvolvimento radicular, irão formar um retículo superficial de rizomas, o qual irá agregar as partículas de solo. A origem das sementes e a sua capacidade germinativa deverão ser certificadas.
Vantagens	Realização simples; Baixo custo; Notável evolução dos ecossistemas. Proteção contra a ação dos agentes externos (precipitação, vento, temperatura, etc.). Reduz a infiltração da água no solo, e assim evita encharcamentos.
Desvantagens	A função de proteção ao solo exercida pelo tapete herbáceo é superficial, sendo a ação mais profunda exercida pelas espécies arbustivas e arbóreas.
Período de Execução	Durante o período de repouso vegetativo, exceto em períodos de temperaturas negativas. Normalmente, as sementeiras são a última tarefa a ser executada.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	45-60 min/100m ² .
Custo (€/m²)	1 - 2
Esquemas/Exemplos	 <p>O diagrama ilustra um técnico vestindo roupa branca e botas, segurando uma bandeja com sementes e distribuindo-as manualmente sobre uma margem fluvial inclinada. A margem está representada com linhas de contorno e pontos que indicam a dispersão das sementes. Há algumas plantas pequenas já existentes na margem.</p>

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Hidrossementeira	
Descrição (Características técnicas)	A hidrossementeira consiste numa mistura homogénea de água, sementes, fibras e fertilizantes, posteriormente projetada no terreno a revestir. É um processo rápido, eficaz e económico para estabelecer um coberto vegetal, em margens de cursos de água, cuja função é proteger e melhorar as características mecânicas e biológicas do solo, contribuindo para o controlo da erosão superficial e sedimentação.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação variável.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 0.5 - 1 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = < 100 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Necessidade de melhoria do bom estado ecológico; Alteração das comunidades vegetais dos rios; Invasão de espécies exóticas; Controlo da erosão superficial.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Deve ser aplicada, quando as margens possuem declives acentuados, ou quando as condições de humidade do solo são fracas.
Materiais	- Hidrossemeador; Mistura de sementes comerciais adequadas, adubo, fertilizantes, palha, feno ou celulose, agregador (betume, <i>bioalgen</i> , <i>verdyol</i> , <i>ecotec</i> , <i>terravest</i>) e água, em função das recomendações do fabricante, das condições de execução e do local.
Vantagens	Elevada taxa de germinação e cobertura homogénea; Maior absorção de energia do impacto da precipitação; Processo rápido e eficaz que diminui a mão-de-obra; Maior poder de absorção de água; Permite a execução de sementeiras em zonas de difícil acesso.
Desvantagens	Período de execução (repouso vegetativo); O local onde se vai efetuar a obra deverá ser acessível ao hidrossemeador. Hoje em dia, este problema é por vezes contornado recorrendo à utilização de outros meios mecânicos, tal como avionetas ou helicópteros (aerossementeira).
Período de Execução	Durante o período de repouso vegetativo, exceto em períodos de temperaturas negativas. Normalmente, as hidrossementeiras são a última tarefa a ser executada.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/100m ² .
Custo (€/m²)	3 - 5
Esquemas/Exemplos	 <p>O diagrama ilustra um operador vestindo equipamento de proteção (capacete, luvas e botas) a operar um hidrossemeador. O equipamento está a projetar uma névoa de mistura de sementes e fibras para revestir uma margem fluvial íngreme e aparentemente erodida. A margem já apresenta algumas áreas com vegetação estabelecida, contrastando com as áreas ainda a serem tratadas. O rio encontra-se à esquerda da margem.</p>

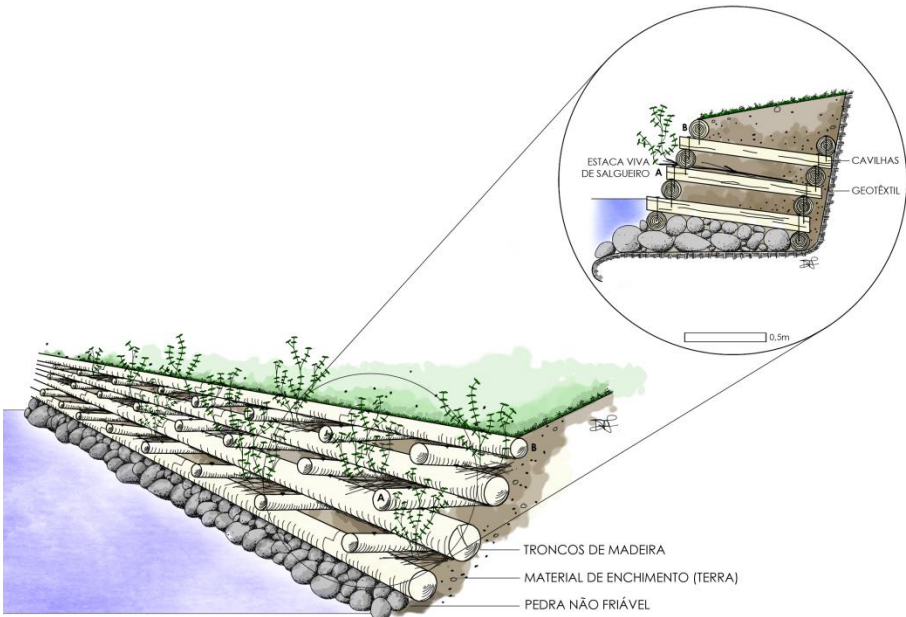
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Manta Orgânica	
Descrição (Características técnicas)	São mantas biodegradáveis constituídas por uma matriz homogênea de fibras vegetais (coco, palha, juta e madeira), estando disponíveis em várias densidades, de acordo com os objetivos e a necessidade do local. Servem para criar um revestimento superficial no terreno onde são aplicadas, com a função de proteger o solo contra a erosão superficial.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação superior a 4:1 (H:V)
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 3 - 4 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 100 \text{ Pa} - 300 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Necessidade de melhoria do bom estado ecológico; Diminuição da capacidade drenante; Controlo da erosão superficial.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual negativo, mas quando aplicado em conjunto com outra técnica de engenharia natural apresenta resultados moderados.
Campo de atuação	Como revestimento de margens fluviais (com velocidades de escoamento reduzidas e com transporte sólido não grosseiro).
Materiais	Matriz de fibras vegetais mortas (palha, coco, juta, esparto, madeira, palha + coco, ...); Malhas de cosedura e reforço (juta, sintéticas – polipropileno, polietileno, ...); Grampos de fixação (madeira, ferro, plástico, ...).
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção contra a erosão eólica e hídrica, evitando assim perdas de solo; • Material biodegradável que ao se decompor aumenta a fertilidade do solo; • Aumenta a capacidade de retenção de água e reduz a evaporação, permitindo um desenvolvimento mais fácil das plantas; • Bom suporte para aplicação de sementeira/hidrossementeira; • Substrato para plantas aquáticas.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade temporária e limitada; • Pouca resistência às forças de tração.
Período de Execução	Em qualquer altura do ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	15 min/10m ² .
Custo (€/m²)	5 - 7.5
Esquemas/Exemplos	

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Biorolo	
Descrição (Características técnicas)	São rolos de forma cilíndrica, preenchidos no seu interior por uma matriz de fibra de coco compacta, com uma densidade homogénea ao longo de toda a extensão. Exteriormente são reforçados por uma rede estrutural em polipropileno (PP) ou em fibra de coco. No seu interior podem ser plantados rizomas ou bolbos de espécies aquáticas. A sua função é promover a sedimentação de material erodido, para além de servir como substrato à plantação de espécies aquáticas.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação < 80°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	V= 0.5 - 2 m/s
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 100 \text{ Pa} - 200 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade fluvial; Mobilidade de sedimentos; Diminuir a velocidade de escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Retenção de sedimentos originados pela erosão superficial.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Como reforço da base de margens fluviais sujeitas à erosão superficial. Estabilização de margens fluviais, com limitada oscilação do nível da água e transporte sólido bastante fino.
Materiais	Fibras de palha / coco / fibras de madeira; Rede de confinamento exterior em fibras de coco entrançadas ou fio de polipropileno; Arame / fio de polipropileno para cosedura entre biorolos adjacentes; Prumos de madeira; Espécies aquáticas (bolbos / rizomas); Ramagens ou estacas vivas.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Execução simples e rápida; • Diminui a velocidade da água de escoamento superficial, filtrando sedimentos; • Elasticidade e permeabilidade; • Reduz o comprimento do talude; • Fornecem um substrato estável que melhora a fixação do sistema radicular das plantas.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura pesada e de difícil manuseamento.
Período de Execução	Todo o ano, à exceção das intervenções que requeiram também a instalação de estacas vivas, as quais deverão ser aplicadas no período de repouso vegetativo.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	15 min/ml.
Custo (€/ml)	20 - 40
Esquemas/Exemplos	

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Estacaria viva	
Descrição (Características técnicas)	É uma construção hidráulica longitudinal, utilizada na estabilização taludes de margens fluviais, que consiste na aplicação de estacaria de espécies de vegetação autóctones. As estacas devem ter um comprimento entre os 0.40m e o 1.5m e um diâmetro entre os 3 e 8cm. Quanto maior a estaca, maior será a profundidade em que se desenvolverão as raízes e portanto maior estabilidade. A sua aplicação no terreno deve garantir que a estaca esteja sempre em humidade permanente, isto é que seja atingido o nível freático, especialmente no verão. As estacas são bastante resilientes na integração paisagística envolvente.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação máxima de 30°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 2 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 100 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade Fluvial; Mobilidade de sedimentos; Necessidade de diminuir a velocidade do escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Alteração das comunidades vegetais dos rios; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Margens fluviais de baixo declive. Recomendado para reparar pequenos deslizamentos e/ou assentamentos de terra devido ao excesso de humidade. Após o estabelecimento das estacas permite o controlo da erosão fluvial e favorece a estabilização com o coberto vegetal criado. Geralmente são utilizadas em combinações com outras técnicas de estabilização fluvial.
Materiais	Estacas vivas de espécies lenhosas com capacidade de propagação vegetativa (ex: salgueiros, tamargueiras, choupos, freixos, amieiros, etc.).
Vantagens	Realização simples; Baixo custo; Notável evolução dos ecossistemas; Fornecedor de material vivo.
Desvantagens	A estabilidade do talude é limitada até ao desenvolvimento radicular adequado. O enraizamento das estacas nem sempre tem o sucesso esperado.
Período de Execução	Durante o período de repouso vegetativo, exceto em períodos de temperaturas negativas.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	15 min/10m ² .
Custo (€/un)	0.15 - 1.5
Esquemas/Exemplos	 <p>ESTACAS VIVAS DE SALGUEIRO</p>

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Faxina viva	
Descrição (Características técnicas)	É uma construção hidráulica longitudinal, utilizada na consolidação da base de margens fluviais. Consiste na elaboração de feixes de estacas vivas com um diâmetro de entre 30 e 80 cm e um comprimento adaptado à aplicação projetada, mas que varia normalmente entre 2 e 4 metros. A sua aplicação no terreno tem de garantir o máximo de contacto com o solo húmido de forma a garantir o desenvolvimento vegetativo da vegetação utilizada. Opcionalmente, a base de assentamento na faxina pode ser revestido com ramagens para proteger a base contra a erosão mais acentuada, ao mesmo tempo que promove a sedimentação.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação máxima 40° - 45°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura máxima 3.0m.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	V= 2 m/s (Faxinas sobre esteiras); V= 4 m/s (Paredes de faxinas)
Viabilidade em relação às tensões resistentes	τ = 100 Pa (Faxinas sobre esteiras); τ = 100-200 Pa (Paredes de faxinas);
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade Fluvial; Mobilidade de sedimentos; Necessidade de diminuir a velocidade da corrente; Necessidade de melhoria do bom estado ecológico; Proteção de inundações; Alteração das comunidades vegetais dos rios; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Linhas de água com pequenas variações de caudais e níveis de água. Geralmente são utilizadas em combinações com outras técnicas de defesa fluvial.
Materiais	Estacas vivas de espécies lenhosas com capacidade de propagação vegetativa (salgueiros, tamargueiras, etc.); Troncos de madeira vivos; varão roscado, para grampeamento ao solo; Arame ou corda de sisal.
Vantagens	Realização simples; Baixo custo; Notável eficácia estabilizante; Facilidade de recolha de material; Melhoramento imediato da ação drenante, devido ao efeito evapotranspirante das plantas; Redirecionamento do sentido natural do escoamento; Fornecedor de material vivo.
Desvantagens	Enraizamento superficial; Podas regulares; Elevada quantidade de material vivo e mão-de-obra.
Período de Execução	Durante o período de repouso vegetativo, exceto em períodos de temperaturas negativas.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/3ml.
Custo (€/ml)	20 - 40
Esquemas/Exemplos	 <p>MATERIAL LENHOSO ESTACAS DE SUPORTE CORDA DE SISAL</p>

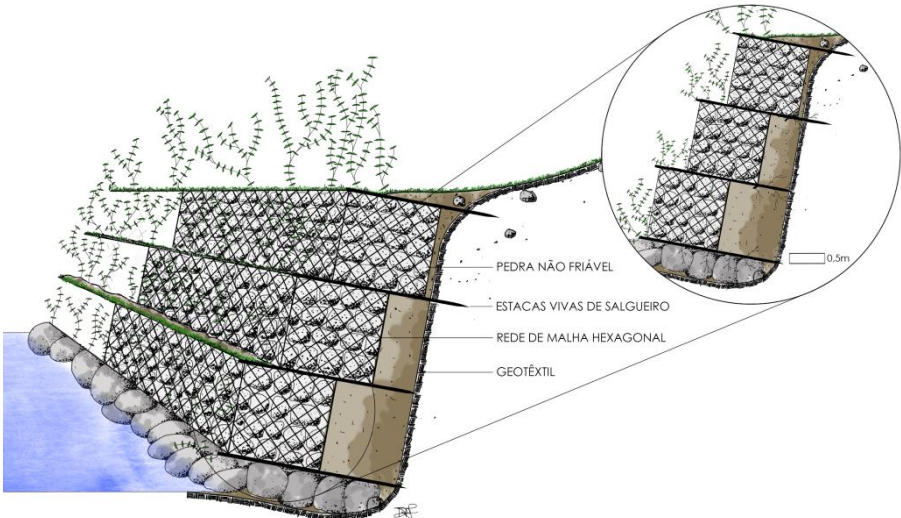
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Entrançado vivo	
Descrição (Características técnicas)	Consiste numa estrutura linear onde as estacas vivas se encontram dispostas de forma entrançada entre prumos de madeira verticais cravados no terreno, formando uma parede flexível e altamente resistente à erosão provocada pelo escoamento fluvial.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Margens quase verticais.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura máxima 3.0m.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 1.5 \text{ m/s} - 3.5 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 100 \text{ Pa} - 200 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade Fluvial; Necessidade de diminuir a velocidade do escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Proteção de inundações; Alteração das comunidades vegetais dos rios; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Margens de linhas de água onde seja necessário uma proteção contínua e elástica das margens.
Materiais	Troncos de madeira; Pedras; Ramagem viva (varas) ou estacas de espécies com capacidade de propagação vegetativa salgueiros (<i>Salix atrocinerea</i> e <i>Salix salviifolia</i> subsp. <i>salviifolia</i>). Deve ser sempre feita a adequação à região fitogeográfica.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção imediata; • Rápida estabilização da base das margens em erosão; • Contenção imediata do terreno, permitindo a proteção da base da margem e o consequente descalçamento; • Técnica adaptável à morfologia do terreno.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • O enraizamento é algo limitado, tendo em conta a quantidade de material usado • Nem sempre é possível recolher estacas elásticas e flexíveis em quantidade suficiente; • Necessita de manutenção periódica.
Período de Execução	Período de repouso vegetativo de Outubro – Março e sempre em períodos de fraca ou reduzida precipitação.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m².
Custo (€/m²)	20 - 35
Esquemas/Exemplos	

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Muro de suporte vivo (cribwall)	
Descrição (Características técnicas)	É uma construção em madeira constituída por uma estrutura em forma de caixa, formada por troncos de madeira dispostos perpendicularmente. O seu revestimento interior deverá ser feito na base com pedra até atingir o nível médio das águas, sendo a restante área bastante diversificada, consoante as necessidades do local a requalificar, mas poderá, essencialmente, ser constituída por terreno local, espécies arbustivas autóctones em torrão ou raiz nua, estacas vivas ou faxinas. Na proteção ou reconstrução de margens, devido à permanente ação erosiva da corrente de água, estas têm que ser fechadas na parte frontal com pedras e/ou faxinas de modo a impedir a erosão do material de preenchimento.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Margens quase verticais.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	6 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	500 Pa.
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade Fluvial; Mobilidade de sedimentos; Necessidade de diminuir a velocidade de escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Proteção de inundações; Alteração das comunidades vegetais; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Margens fluviais com inclinações entre 40-50°; Margens fluviais em linhas de água de média-alta energia, com transporte sólido de médias dimensões.
Materiais	Troncos de madeira (Pinho); Pregos ou varão de ferro roscado / Arame; Material de enchimento (pedra; terreno local e terra vegetal); Material vegetal (estacas vivas; plantas em torrão ou raiz nua, faxinas).
Vantagens	Consolidação imediata e robusta; Permeabilidade; Flexibilidade estrutural; Ação drenante devido à vegetação; Recriação de <i>habitat</i> natural; Excelente enquadramento paisagístico.
Desvantagens	Limitado desenvolvimento em altura; Necessidade de meios mecânicos para modelação do terreno.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano. A vegetação deverá ser aplicada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	120-180 min/m ³
Custo (€/m³)	90 - 125
Esquemas/Exemplos	 <p>ESTACA VIVA DE SALGUEIRO A</p> <p>B</p> <p>CAVILHAS</p> <p>GEOTÊXTIL</p> <p>0.5m</p> <p>TRONCOS DE MADEIRA</p> <p>MATERIAL DE ENCHIMENTO (TERRA)</p> <p>PEDRA NÃO FRIÁVEL</p>

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Grade viva	
Descrição (Características técnicas)	Estrutura em madeira obtida através da colocação de troncos de madeira horizontais e verticais dispostos perpendicularmente entre si, e suportada por prumos de madeira cravados no solo que servem de suporte à estrutura. Posteriormente procede-se à introdução de estacas vivas, e/ou planta em torrão ou em raiz nua, e finalmente enche-se a estrutura com terreno local.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação máxima 60°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura máxima 20m.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	5 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	400 Pa.
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade Fluvial; Necessidade de diminuir a velocidade de escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Proteção de inundações; Alteração das comunidades vegetais; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Margens de linhas de água onde seja necessário uma proteção contínua contra deslizamentos (movimentos de massa).
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Troncos e prumos de madeira; • Pregos ou varas de aço roscado; • Terreno local; • Estacas vivas de espécies arbustivas autóctones; • Arame; • Plantas em torrão ou raiz nua; • Manta orgânica / hidrossementeira (opcional).
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilização imediata; • A vegetação exerce uma ação drenante, pois absorve a água necessária ao seu desenvolvimento; • Efeito estabilizante contínuo, que inicialmente é assegurado pela estrutura em madeira, e posteriormente é assegurado pelo desenvolvimento radicular da vegetação.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Método de construção intensivo; • Difícil aplicação em substratos rochosos.
Período de Execução	A instalação de estacaria viva e de arbustos deverá ocorrer durante o período de repouso vegetativo, enquanto a estrutura em madeira poderá ser executada durante todo o ano.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m².
Custo (€/m²)	45 - 60
Esquemas/Exemplos	


Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Esteira viva	
Descrição (Características técnicas)	Consiste no revestimento de margens fluviais com estacas e/ou ramagens vivas de espécies com capacidade de propagação vegetativa. Colocam-se perpendicularmente à direção do escoamento, e fixam-se ao solo através prumos de madeira, interligados entre si por arame. A base da estrutura poderá ser reforçada com enrocamento ou troncos de madeira, tendo o cuidado de deixar os elementos vivos em contacto com o terreno húmido ou diretamente na água. Posteriormente, toda a estrutura é coberta com uma fina camada de terreno.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação máxima 55°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura varável, de acordo com a dimensão do material vegetal.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	4 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	300 Pa.
Problemática fluvial	Instabilidade das margens; Linearidade Fluvial; Mobilidade de sedimentos; Necessidade de diminuir a velocidade do escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Proteção de inundações; Alteração das comunidades vegetais dos rios; Invasão de espécies exóticas.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual e ambiental excelente.
Campo de atuação	Proteção contínua e elástica da superfície de margens fluviais sujeitas a fortes correntes de água.
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Troncos e prumos de madeira; • Terreno local; • Ramagem ou estacas vivas de espécies arbustivas autóctones; • Varão roscado para grampeamento ao solo; • Pedras.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção imediata contra a erosão superficial e posterior estabilização em profundidade através do desenvolvimento radicular; • Após o desenvolvimento da vegetação, funciona como um fornecedor de material vivo, que poderá ser usado em outras intervenções; • Estrutura flexível e permeável.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada quantidade de material vivo; • Necessidade de tarefas de manutenção periódicas.
Período de Execução	Durante o repouso vegetativo.
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m².
Custo (€/m²)	30 – 45
Esquemas/Exemplos	

TÉCNICAS COMBINADAS (TC)

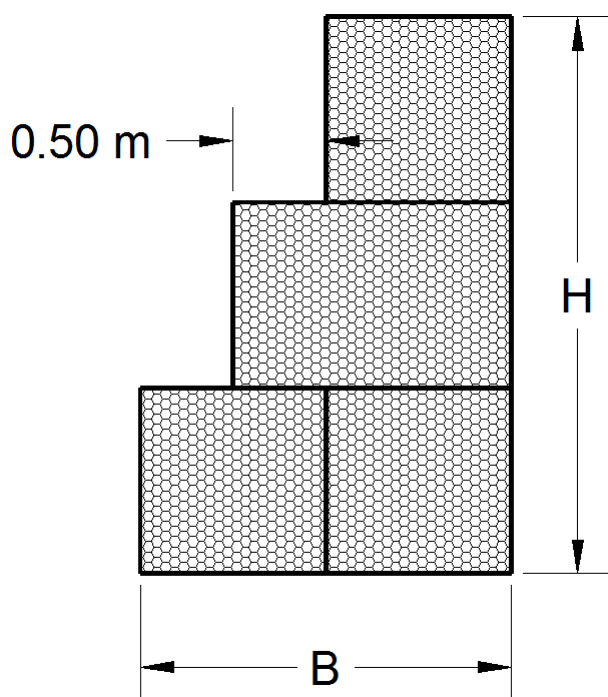
Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Muro de Gabião vivo	
Descrição (Características técnicas)	Estrutura em forma de caixa retangular, feita com rede de malha hexagonal em arame galvanizado reforçado, sendo o seu interior preenchido com pedra não friável. As estacas vivas são inseridas simultaneamente com o enchimento de pedra no interior dos gabões com disposição irregular ou em filas. Desempenham funções de proteção contra a erosão fluvial e ao mesmo tempo servem de suporte à margem em caso de instabilidade gravítica.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Todo o tipo de inclinações.
Viabilidade em relação à altura da margem	Alturas superiores a 2 metros.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	6 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	500 Pa
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Linearidade fluvial (meandrização); Mobilidade de sedimentos; Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	Impacto inicial negativo, no entanto à medida que a estacaria viva se vai desenvolvendo o impacto visual e ambiental torna-se mais moderado.
Campo de atuação	Proteção e defesa de margens, incluindo a integração meio-ambiental; Margens com elevada inclinação e compostas por material não consolidado.
Materiais	Seixo do rio ou outro tipo de pedra de dimensões adequadas; Rede metálica de dimensões <i>standard</i> ; Arame galvanizado reforçado; Estacas vivas com capacidade de reprodução vegetativa; Terra vegetal.
Vantagens	Execução rápida e simples; Efeito de contenção imediato; Reutilização de materiais locais; Flexíveis e permeáveis; Zonas com limitado espaço de intervenção / taludes íngremes; Aumento da estabilidade da estrutura com o desenvolvimento radicular das estacas.
Desvantagens	A não utilização de pedra de enchimento recolhida na zona de intervenção faz aumentar consideravelmente os custos; Artificialidade da estrutura; Não resiste a grandes pressões laterais; Apresenta enormes dificuldades e custos para ser reabilitado. Apresenta uma duração estimada de cerca de 25 anos.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano. A vegetação deverá ser aplicada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	60-90 min/m ³
Custo (€/m³)	80 - 110
Esquemas/Exemplos	

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Enrocamento vivo	
Descrição (Características técnicas)	Obra de defesa longitudinal, que consiste na colocação de pedras de média-grande dimensão nas margens. Nos interstícios entre as pedras são colocadas estacas vivas (p.ex. salgueiros). Esta técnica tem um carácter permanente quando projetada adequadamente.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação máxima de 65°.
Viabilidade em relação à altura da margem	A aplicação desta técnica é apropriada para qualquer altura de margem, desde que se respeite a inclinação aconselhada.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	V= 3 m/s (D ₅₀ =15cm); V= 4.8 m/s (D ₅₀ =45cm)
Viabilidade em relação às tensões resistentes	τ = 125 Pa (D ₅₀ =15cm); τ = 380 Pa (D ₅₀ =45cm);
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Diminuir a velocidade de escoamento; Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	Impacto inicial negativo, no entanto à medida que a estacaria viva se vai desenvolvendo o impacto visual e ambiental torna-se mais moderado.
Campo de atuação	Locais onde seja evidente a necessidade imediata de proteção à erosão. Margens fluviais com notável transporte sólido e elevadas velocidades de escoamento.
Materiais	Pedras de média-grande dimensão; Estacas vivas de espécies com capacidade de reprodução vegetativa; Geotêxtil; Troncos de madeira (opcional).
Vantagens	Efeito protetor imediato; Aumento do efeito estabilizador com o desenvolvimento do sistema radicular das estacas vivas; Favorece a sedimentação do material fino; Capacidade drenante; Reduzida manutenção quando projetada adequadamente.
Desvantagens	Técnica de difícil execução em zonas de acessos limitados; Custo elevado devido à utilização de maquinaria pesada.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano. A vegetação deverá ser aplicada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m ³
Custo (€/m³)	45 - 80
Esquemas/Exemplos	

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Colchão Reno vivo	
Descrição (Características técnicas)	É uma estrutura de defesa de leitos e margens fluviais, permeável à vegetação, constituída por colchões feitos em rede metálica galvanizada de dupla torção. Estes são colocados no local de intervenção, sendo feito o enchimento com pedras em simultâneo com estacas vivas com disposição irregular ou em filas. Trata-se de uma estrutura muito porosa.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação < 60°.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	$V = 4 - 5 \text{ m/s}$
Viabilidade em relação às tensões resistentes	$\tau = 400 \text{ Pa} - 500 \text{ Pa}$
Problemática fluvial	Instabilidade de margens fluviais; Linearidade fluvial (meandrização); Mobilidade de sedimentos; Proteção de inundações.
Impacto visual e ambiental	O impacto inicial é negativo, no entanto à medida que a estacaria viva se vai desenvolvendo o impacto visual e ambiental torna-se mais moderado.
Campo de atuação	Proteção e defesa de margens; Adequado quando as margens tem uma forte pendente e requerem estruturas rígidas de suporte contra a erosão.
Materiais	Módulos pré-fabricados de rede metálica galvanizada, eventualmente plastificada, em formato de colchão; Material de enchimento (pedra de dimensões adequadas / terra vegetal); Arame; Barras metálicas de ancoragem; Estacas vivas com capacidade de reprodução vegetativa; Terra vegetal.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade elevada; • Adaptam-se à morfologia do terreno; • Permeabilidade e flexibilidade.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura pesada e de difícil manuseamento; A não utilização de pedra de enchimento recolhida na zona de intervenção faz aumentar consideravelmente os custos.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano. A vegetação deverá ser aplicada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	45-60 min/m ³ .
Custo (€/m³)	80 - 110
Esquemas/Exemplos	 <p>O diagrama ilustra a aplicação de um colchão de rede metálica galvanizada em uma margem fluvial. A parte principal é uma vista tridimensional que mostra o colchão sendo instalado sobre uma margem inclinada, com pedras sendo colocadas dentro da estrutura. Uma seta indica a direção da correnteza. Um círculo de detalhe no canto superior direito fornece uma visão ampliada da estrutura, mostrando a rede metálica, as pedras e as estacas vivas (plantas) que são inseridas para promover a vegetação. Uma escala de 0,5m é indicada no detalhe.</p>

Técnicas de Estabilização de Margens Fluviais	
Defletor vivo	
Descrição (Características técnicas)	Construção em madeira, pedra e material vegetal vivo, colocada transversalmente ou longitudinalmente em relação ao escoamento das águas. Desenvolvem eficazmente funções anti-erosivas, reduzindo a velocidade de escoamento e, consentindo a deposição de material sólido a jusante. Constituem também pontos de refúgio para a fauna.
Viabilidade em relação à inclinação da margem	Inclinação variável.
Viabilidade em relação à altura da margem	Altura variável.
Viabilidade em relação à velocidade da corrente	5 m/s.
Viabilidade em relação às tensões resistentes	Variável (depende do tipo de material utilizado).
Problemática fluvial	Linearidade fluvial; Mobilidade de sedimentos; Diminuição da velocidade de escoamento; Necessidade de melhoria do estado ecológico; Alteração das comunidades vegetais dos rios.
Impacto visual e ambiental	Impacto visual afetado.
Campo de atuação	Linhas de água onde haja necessidade de desviar a corrente das margens para evitar a erosão acentuada ou para modificar a secção das linhas de água.
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Prumos de madeira; • Ramagem morta e viva; • Estacas vivas de salgueiro; • Varas de ferro roscado; • Material de enchimento (pedras, seixos).
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Tornam-se parte integrante da margem fluvial; • Funções anti-erosivas: Redução da velocidade de escoamento e promovem a deposição de material sólido.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Podem causar erosão na margem oposta, caso não sejam bem dimensionados; • Utilização de grandes quantidades de material vivo.
Período de Execução	A estrutura inerte poderá ser realizada em qualquer altura do ano. A vegetação deverá ser aplicada durante o repouso vegetativo (Outubro a Março).
Manutenção	De acordo com o programa de monitorização proposto (Capítulo 5).
Duração de execução	30-45 min/m³.
Custo (€/m³)	110 - 135
Esquemas/Exemplos	

Dimensionamento – Muros de Gabião



Como norma geral, os muros de gabião são projetados, partindo de uma largura e altura de 1 metro para a fiada superior, aumentando-se 0,50 metros por cada metro de altura total que tenha o muro de gabião.

Utilizando-se esta regra, resulta que a base de um muro de gabião é:

$$B = 1/2 (1 + H)$$

Sendo H a altura total do muro. Calcula-se com esta secção de acordo com as tensões atuantes sobre o mesmo.

Especificações:

Os tipos de malhas hexagonais com que se fabricam os muros de gabião são:

- Malha de 5x7 cms, com arame de diâmetro 2,00 mm;
- Malha de 6x8 cms, com arame de diâmetro 2,20 mm;
- Malha de 8x10 cms, com arame de diâmetro 2,70 mm;

O arame utilizado, tirantes e cozedura, devem estar de acordo com a resistência média de 450Mpa, sendo a galvanização reforçada segundo as Normas BS 1052/80 e UNI EN 10223 e UNI EN 10244 e UNI 10218, contendo o valor mínimo de zinco de 240 grs/m² a 260 grs/m², em função do diâmetro.

Dimensionamento – Enroamento

Fórmula: Maynard (1992)

$$D_{30} = S_f C_s y \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0.5} \frac{U}{\sqrt{(K_1 g y)}} \right]^{2.5}$$

$D_{30} = 0.70 D_{50}$ - É o diâmetro característico do material inerte a colocar (m);

S_f – Fator de segurança (= 1.5);

C_s – 0.3 (Blocos angulosos); C_s = 0.375 (Blocos rolados);

y – Altura da margem a proteger (m);

s – Densidade do material (usualmente utiliza-se o valor de 2.7);

U – Velocidade de escoamento junto à margem (m/s);

K_1 – Fator de correção da inclinação da margem:

$$K_1 = -0.672 + 1.492 \cot(\alpha) - 0.449 \cot^2(\alpha) + \cot^3(\alpha);$$

α – Ângulo da margem com a horizontal (°);

g – Aceleração da gravidade (= 9.8 m/s²).

Fórmula: Escarameia and May (1992)

$$D_{50} = 0.050 \left(\frac{U^2}{s-1} \right) \text{ ----> Revestimento contínuo}$$

$$D_{50} = 0.064 \left(\frac{U^2}{s-1} \right) \text{ ----> Revestimento nas extremidades}$$

D_{50} – É o diâmetro característico do material inerte a colocar (m);

U – Velocidade de escoamento junto à margem (m/s);

s – Densidade do material (usualmente utiliza-se o valor de 2.7);

Notas:

1 - Na situação de não existirem dados disponíveis do valor da velocidade de escoamento junto à margem, deve utilizar-se a velocidade média da secção transversal obtida pelo quociente do caudal de escoamento pela área molhada da secção transversal.

2 – O diâmetro dos blocos de maior dimensão não deve exceder três vezes o diâmetro dos blocos com menor dimensão.

3 – A espessura (ou profundidade) do revestimento não deve ser inferior a duas vezes o diâmetro característico (d_{50}) do material inerte ou igual a 1 ou 1.5 vezes a máxima dimensão do material.

ANEXO 5

ANEXO 5.1

FICHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO – BASE SISTEMÁTICA DE MONITORIZAÇÃO

FICHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO

DATA: ____ / ____ / ____

Base sistemática de monitorização	Linha de Água:	
1. Caracterização Prévia		
Causas da intervenção		
Ano da intervenção		
Objetivos da Intervenção		
Técnicas implementadas (Margem)		
Técnicas implementadas (Talude)		
Ações de monitorização/manutenção		
2. Materiais (análise e diagnóstico)		
Material vegetal vivo (margem)		
Tipo de vegetação		
Comprimento/Diâmetro (cm)		
Revegetação (retancho)		
Uniformidade no coberto arbóreo		
Raízes Estáveis/Instáveis		
Vegetação exótica/invasora		
Material vegetal vivo (talude)		
Tipo de vegetação		
Comprimento/Diâmetro (cm)		
Revegetação (retancho)		
Uniformidade no coberto arbóreo		
Raízes Estáveis/Instáveis		
Vegetação exótica/invasora		
Madeira seca e tratada (Margem/Talude)		
Resistência/Durabilidade		
Técnica de instalação/aplicação		
Pedra (Margem)		
Resistência/Durabilidade		
Quantidade		
Forma		
Dimensões (D ₅₀)		
Arrastamento de pedras		
Geossintéticos/Geotêxteis (Margem/Talude)		
Integridade		
Sistemas de fixação		
Arame; Grampos de Ferro; Rede metálica (Margem /Talude)		
Pontos de corrosão e/ou degradação		
Técnica de instalação/aplicação		
3. Adaptação aos requisitos técnicos do local da intervenção		
Altura		
Ângulo		
Tipo de material		
Mecanismos de instabilidade		
Mecanismos de rotura		
Tensões de arrastamento		
Velocidade de escoamento		
Revestimento vegetal		
Tipo de erosão		
Acessibilidade para construção		
4. Pontos Fortes e Pontos Fracos da Intervenção		
Pontos Fortes		

Anexo 5.1 – Ficha de levantamento de dados de campo
Base sistemática de monitorização

Pontos Fracos	
5. Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	
Classificação qualitativa	V (Excelente); IV (Bom); III (Razoável); II (Mau); I (Fraco)
6. Análise comparativa: Desempenho observado vs Evolução temporal expectável	

ANEXO 6

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Antuã Bacia Hidrográfica: Vouga ARH: Centro Coordenadas: LAT 40°45'28.09"N LON 8°33'30.66"W

Distrito: Aveiro Concelho/Freguesia: Estarreja / Salreu Carta Militar: 163 Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto Hora de início: 14h30 Condições Atmosféricas (hoje): Chuva (Aguaceiros) Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

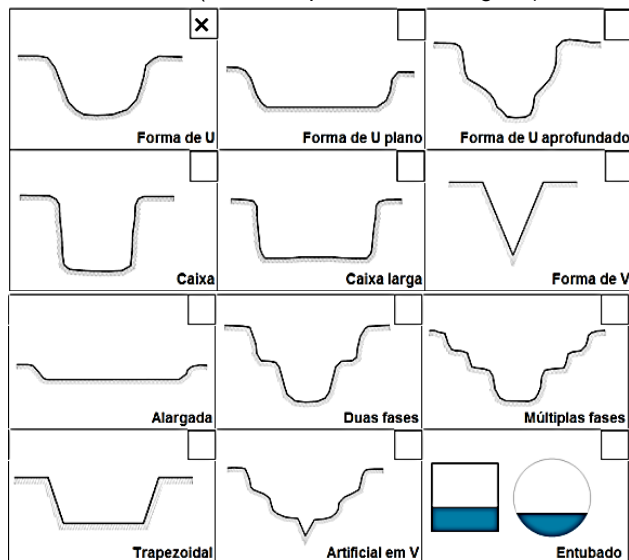
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

☒ Floresta Nativa
☐ Agricultura sem pastoreio
☐ Agricultura com pastoreio
☐ Vegetação exótica
☐ Encosta
☐ Urbano (residencial)
☐ Urbano (parque natural)
☐ Industrial / Comercial
☐ Outro: _____

Impactos locais:

☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☒ Estrada ☐ Canal retilíneo
☐ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☒ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☐ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: _____

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Degraus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>2.5</u>
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>3.0</u>
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações		Reforçado
	Obstáculos		Revegetado
	Construções		Assoreamento
	Nova secção		Aterros nas margens
	Alinhado		Canalizado recentemente
	Realinhado		Canalizado antigamente

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 50.0 m

Margem direita: 300.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): _____

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/> Outro (s)
<input type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: _____

Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

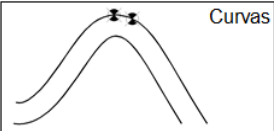
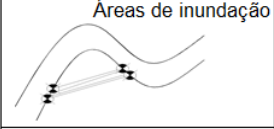
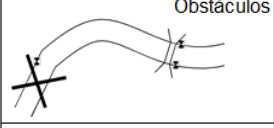
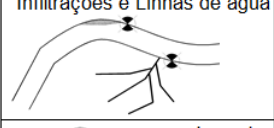
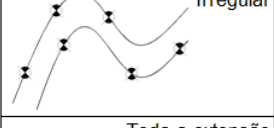
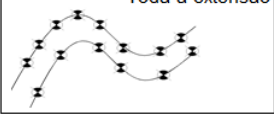
Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

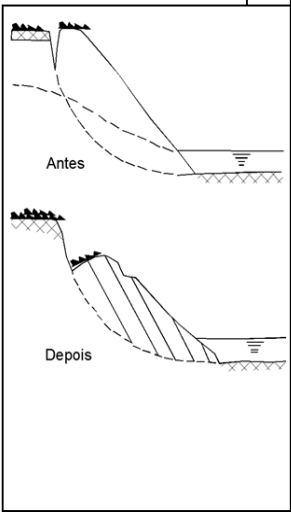
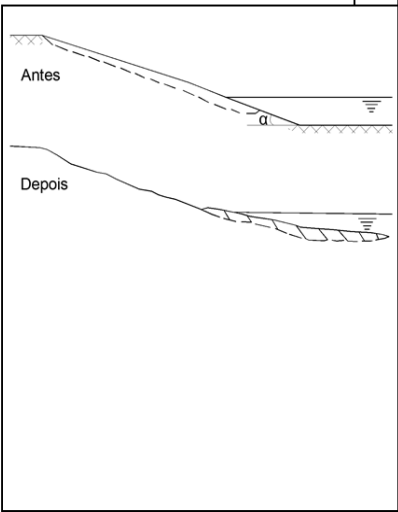
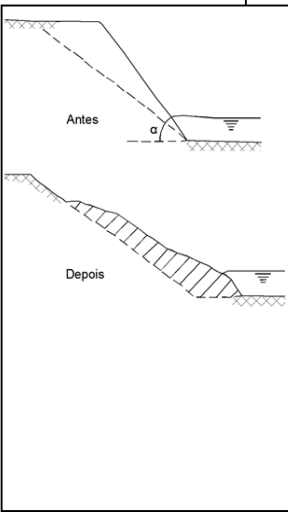
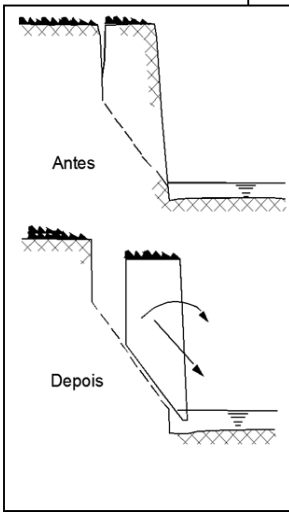
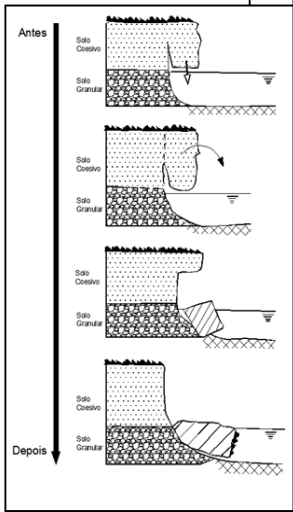
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/>		
				<input checked="" type="checkbox"/>	
					<input checked="" type="checkbox"/>

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens		Estabilidade das margens		
Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Antuã Bacia Hidrográfica: Vouga ARH: Centro Coordenadas: LAT 40°45'24.96"N LON 8°33'35.76"W

Distrito: Aveiro Concelho/Freguesia: Estarreja / Salreu Carta Militar: 163 Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto Hora de início: 15h00 Condições Atmosféricas (hoje): Chuva (Aguaceiros) Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

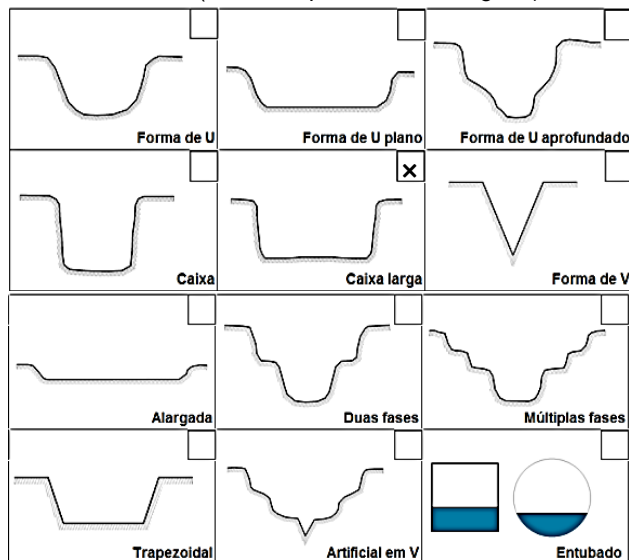
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

☐ Floresta Nativa
☒ Agricultura sem pastoreio
☐ Agricultura com pastoreio
☐ Vegetação exótica
☐ Encosta
☐ Urbano (residencial)
☐ Urbano (parque natural)
☐ Industrial / Comercial
☐ Outro: _____

Impactos locais:

☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☐ Estrada ☐ Canal retilíneo
☐ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☒ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☐ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: _____

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>	Altura (m) <u>3.0</u>
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Bancada inferior	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>3.0</u>
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input checked="" type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input checked="" type="checkbox"/>		Assoreamento	<input checked="" type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 100.0 m

Margem direita: 300.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀):

Composição do material da margem
(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

☐ Nenhuma

☐ Técnicas Engenharia Natural

☐ Estruturas de vedação

☒ Outro (s)

☐ Mota lateral

☐ Enrocamento

☐ Muros de gabião

☐ Muros de betão

☐ Vegetação (arbórea e arbustiva)

Descrição: Muro em blocos

Extensão longitudinal da vegetação /
Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem
(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

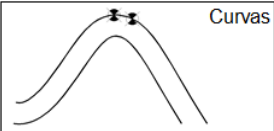
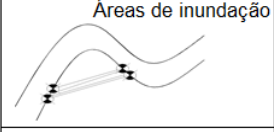
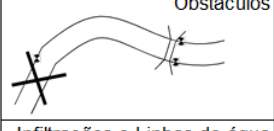
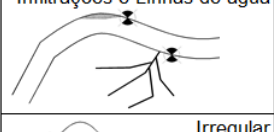
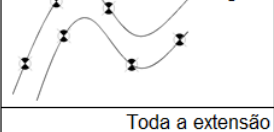
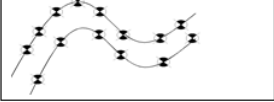
Matriz de Sedimentos
(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐

(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

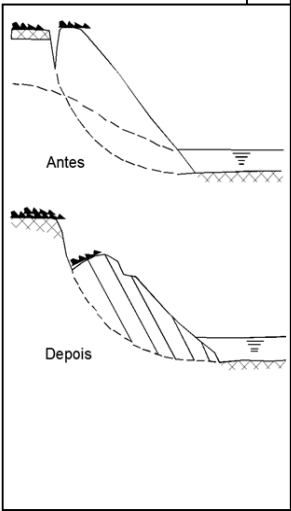
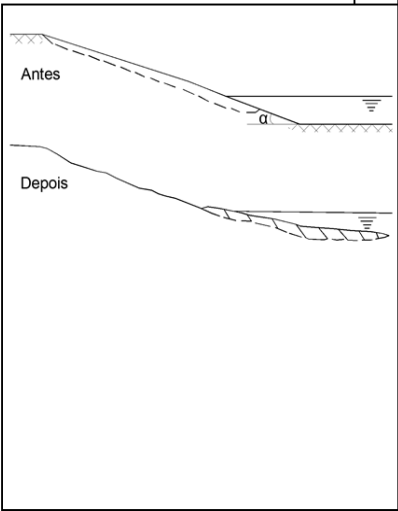
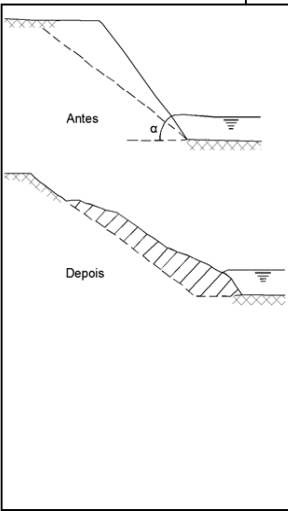
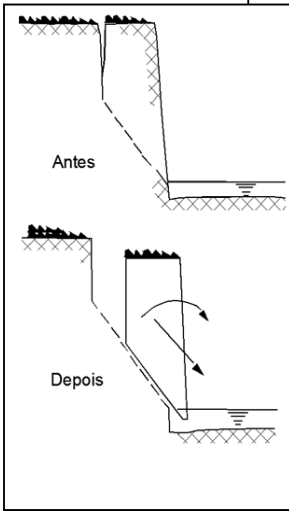
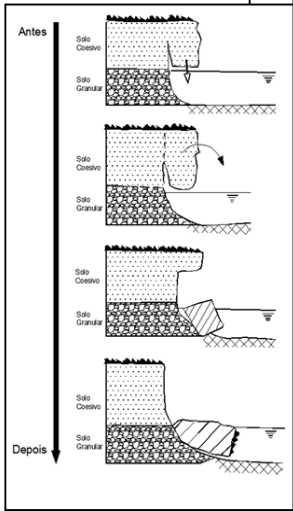
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>			
			<input checked="" type="checkbox"/>		
				<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efêmera.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Antuã Bacia Hidrográfica: Vouga ARH: Centro Coordenadas: LAT 40°45'20.29"N LON 8°33'39.90"W

Distrito: Aveiro Concelho/Freguesia: Estarreja / Salreu Carta Militar: 163 Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto Hora de início: 15h30 Condições Atmosféricas (hoje): Chuva (Aguaceiros) Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

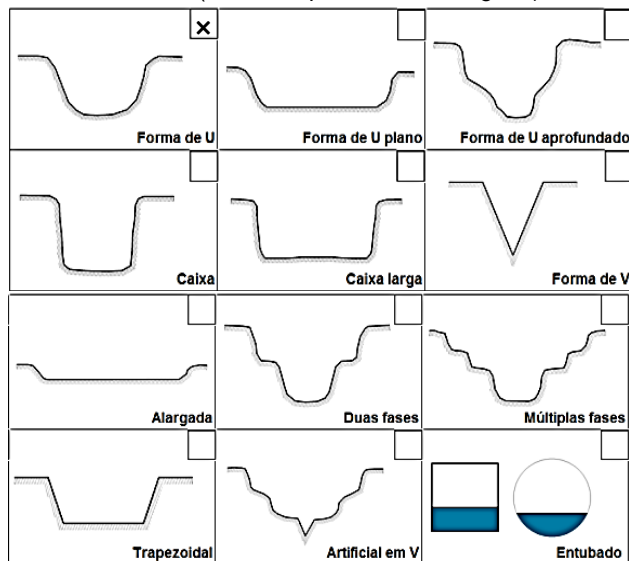
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

☐ Floresta Nativa
☒ Agricultura sem pastoreio
☐ Agricultura com pastoreio
☐ Vegetação exótica
☐ Encosta
☐ Urbano (residencial)
☐ Urbano (parque natural)
☐ Industrial / Comercial
☐ Outro: _____

Impactos locais:

☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☒ Estrada ☐ Canal retilíneo
☒ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☐ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: _____

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.0/2.5
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input checked="" type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 150.0 m

Margem direita: 100.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): _____

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input checked="" type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/> Outro (s)
<input type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: Ponte rodoviária

Compactação do material da margem
(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

Matriz de Sedimentos
(escolhe apenas uma categoria)

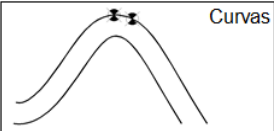
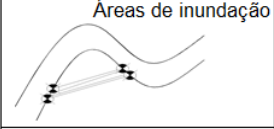
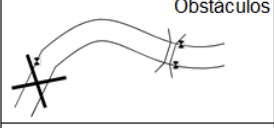
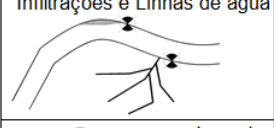
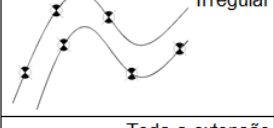
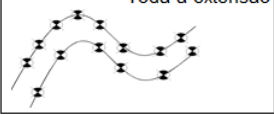
	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Extensão longitudinal da vegetação /
Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☐ Não ☒
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

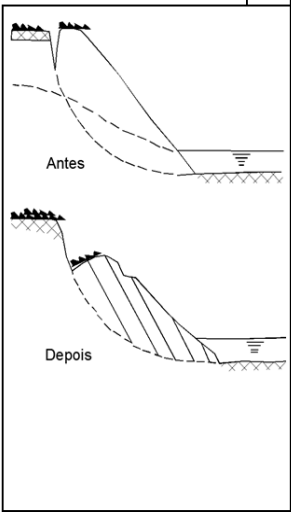
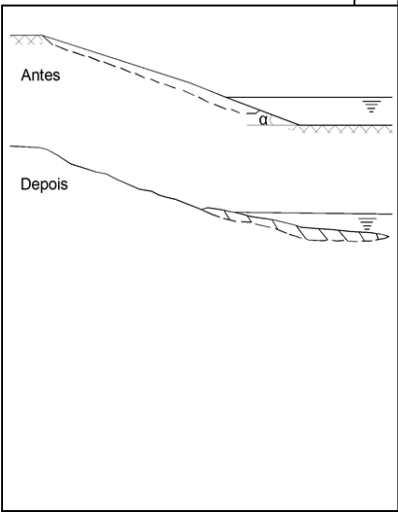
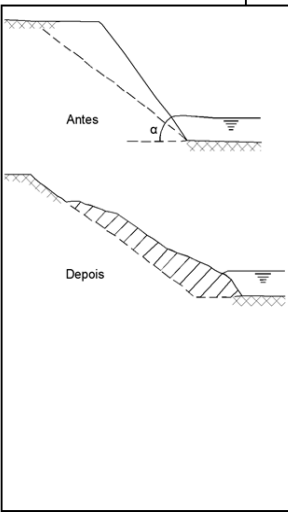
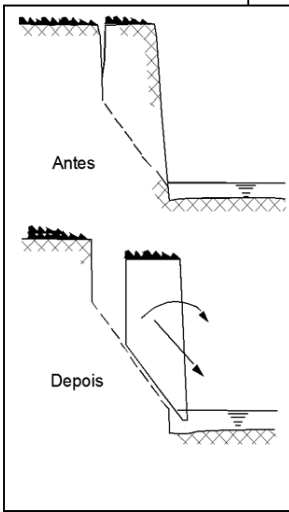
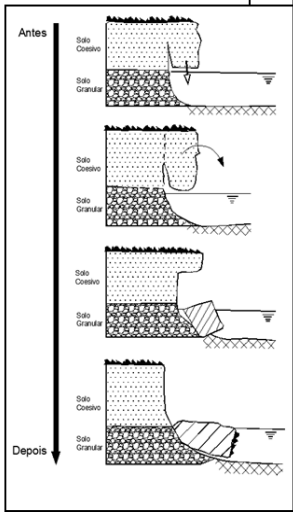
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>				

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Cértima Bacia Hidrográfica: Vouga ARH: Centro Coordenadas: LAT 40°26'38.38"N LON 8°27'9.11"W

Distrito: Aveiro Concelho/Freguesia: Anadia / Mogofores Carta Militar: 208 / 219 Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto Hora de início: 12h00 Condições Atmosféricas (hoje): Chuva Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

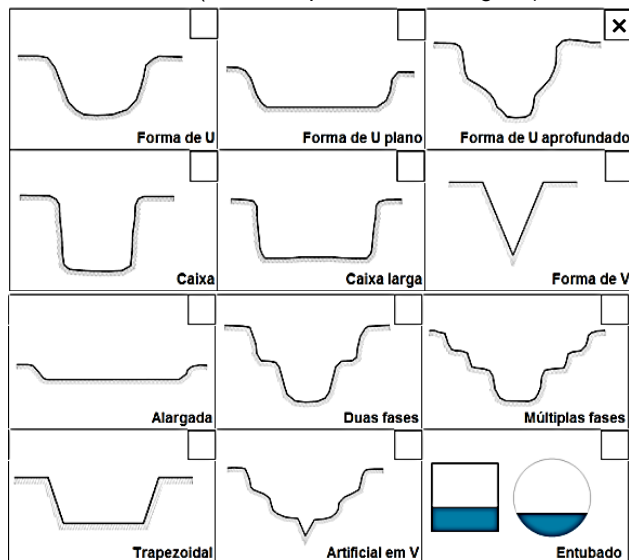
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

☐ Floresta Nativa
☒ Agricultura sem pastoreio
☐ Agricultura com pastoreio
☐ Vegetação exótica
☐ Encosta
☐ Urbano (residencial)
☐ Urbano (parque natural)
☐ Industrial / Comercial
☒ Outro: ETAR

Impactos locais:

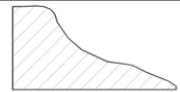


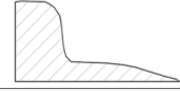

☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☐ Estrada ☐ Canal retilíneo
☒ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☒ Entulho/Lixo urbano
☐ Zonas de lazer ☒ Outro (s)

Descrição: Árvores caídas sobre o leito; Drenagem de águas pluviais (vias de comunicação e edifícios de habitação)






Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):





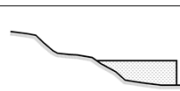
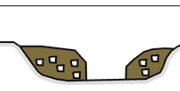
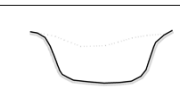
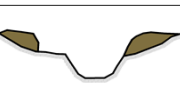

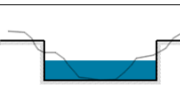

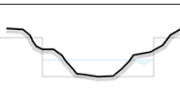
Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) 3.0
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input checked="" type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input type="checkbox"/>		Assoreamento	<input checked="" type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: **200.0** m

Margem direita: **10.0** m

Granulometria do material da margem (D₅₀): **4.76 mm**

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

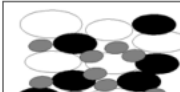
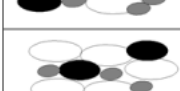
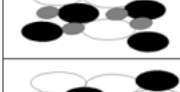
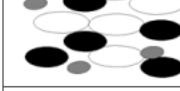

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens




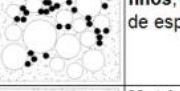

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input checked="" type="checkbox"/> Outro (s)
<input type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: **Muro em blocos**







Compactação do material da margem
(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

Matriz de Sedimentos
(escolhe apenas uma categoria)

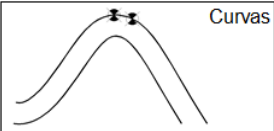
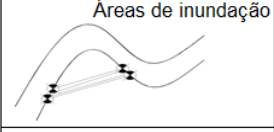
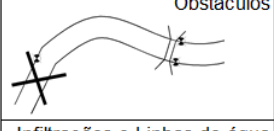
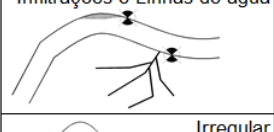
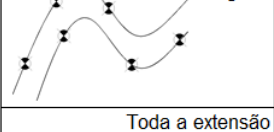
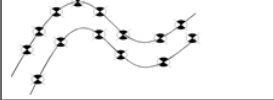
	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Extensão longitudinal da vegetação /
Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

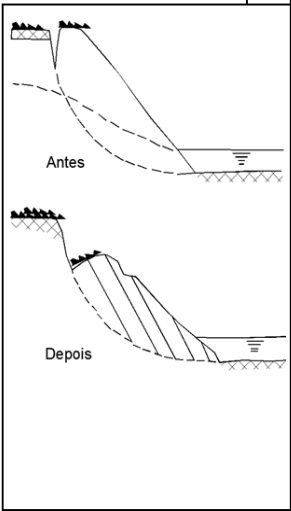
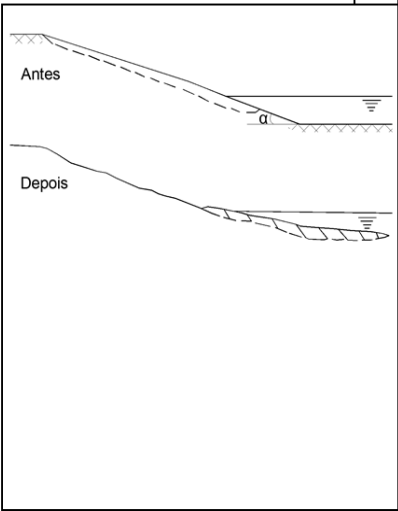
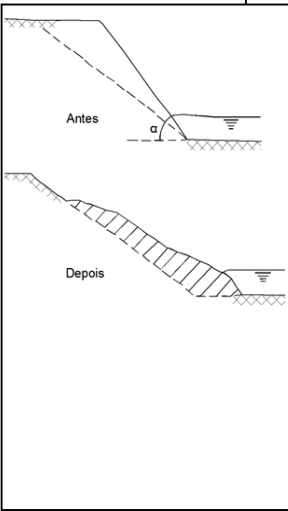
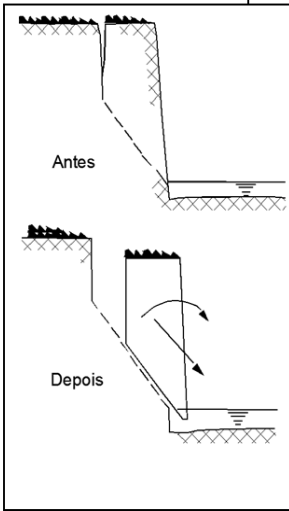
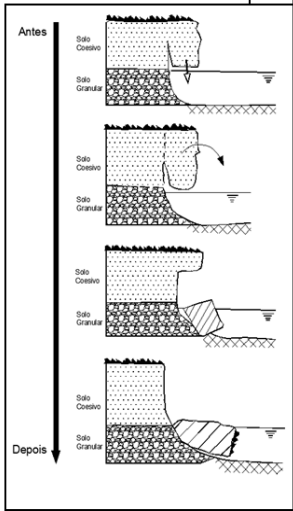
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
					<input checked="" type="checkbox"/>

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efêmera.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Cértima Bacia Hidrográfica: Vouga ARH: Centro Coordenadas: LAT 40°27'9.46"N LON 8°27'27.70"W

Distrito: Aveiro Concelho/Freguesia: Anadia / Mogofores Carta Militar: 208 / 219 Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto Hora de início: 12h30 Condições Atmosféricas (hoje): Chuva Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

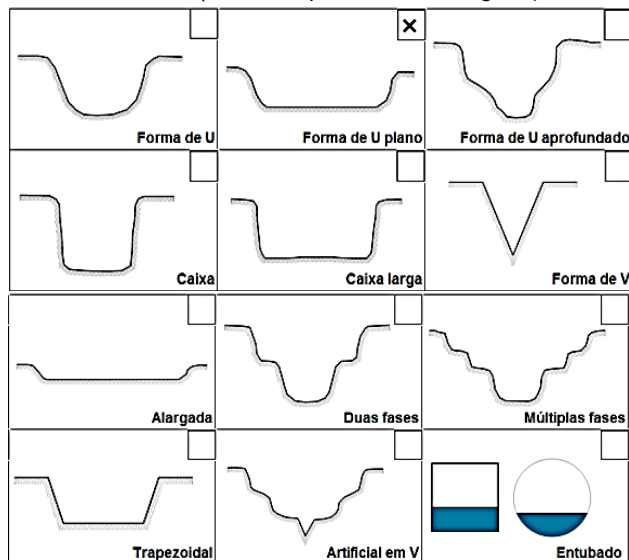
A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido**Forma do canal** (escolha apenas uma categoria):**Uso do solo:**

Margem Esquerda	Margem Direita
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Floresta Nativa
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura sem pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Agricultura com pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Vegetação exótica
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Encosta
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (residencial)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (parque natural)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Industrial / Comercial
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Outro: _____

Impactos locais:

<input checked="" type="checkbox"/> Extração de inertes	<input type="checkbox"/> Descarga de esgotos
<input type="checkbox"/> Estrada	<input type="checkbox"/> Canal retilíneo
<input checked="" type="checkbox"/> Aqueduto/ Ponte /Cais	<input type="checkbox"/> Captação de água
<input type="checkbox"/> Atividade florestal	<input type="checkbox"/> Dragagens
<input type="checkbox"/> Moinho	<input type="checkbox"/> Zona de pastoreio
<input type="checkbox"/> Rega	<input checked="" type="checkbox"/> Entulho/Lixo urbano
<input checked="" type="checkbox"/> Zonas de lazer	<input type="checkbox"/> Outro (s)

Descrição: Intervenção de extração de inertes do leito

no mês de Setembro de 2014

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
 (Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7.0
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Bancada inferior	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.0
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações		Reforçado
	Obstáculos		Revegetado
	Construções		Assoreamento
	Nova secção		Aterros nas margens
	Alinhado		Canalizado recentemente
	Realinhado		Canalizado antigamente

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 20.0 m

Margem direita: 150.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): 4.76 mm

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input checked="" type="checkbox"/> Outro (s)
<input type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: Vegetação exótica (ME)

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

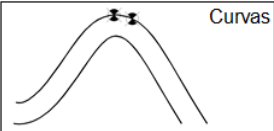
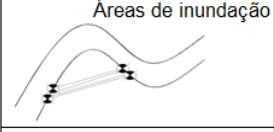
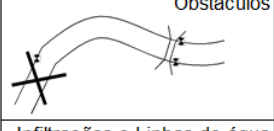
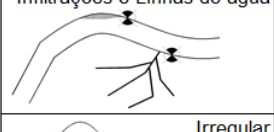
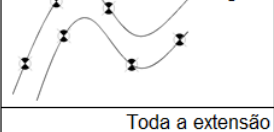
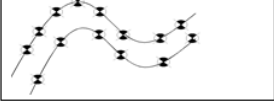
Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

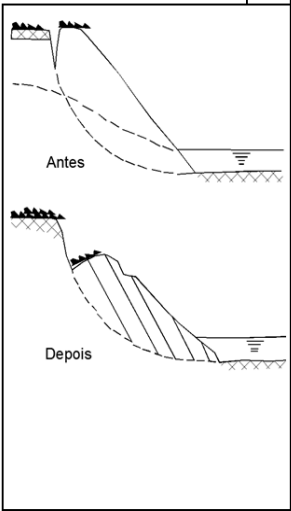
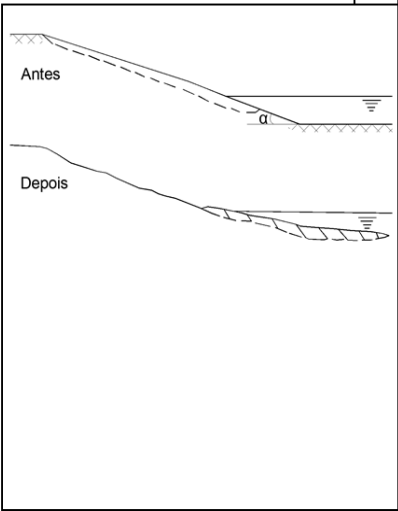
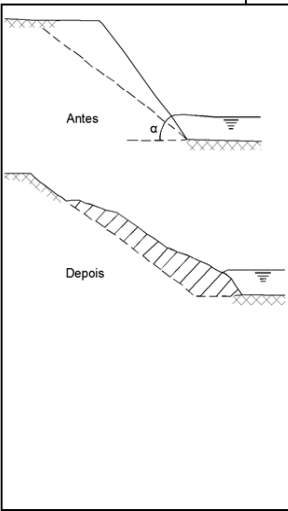
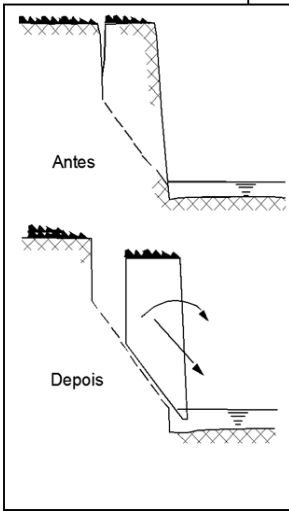
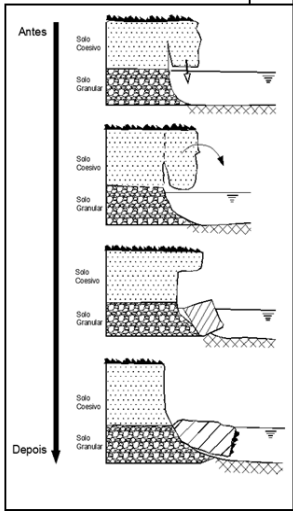
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
					<input checked="" type="checkbox"/>

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efêmera.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Cértima

Bacia Hidrográfica: Vouga

ARH: Centro

Coordenadas: LAT 40°27'9.46"N LON 8°27'27.70"W

Distrito: Aveiro

Concelho/Freguesia: Anadia / Mogofores

Carta Militar: 208 / 219

Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto

Hora de início: 12h30

Condições Atmosféricas (hoje): Chuva

Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐**B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)**

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

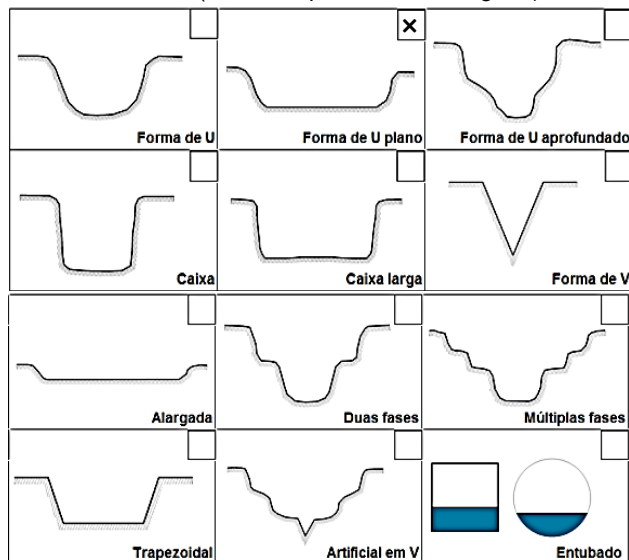
A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

- ☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

- ☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido**Forma do canal** (escolha apenas uma categoria):**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

- ☐ ☐ Floresta Nativa
☐ ☒ Agricultura sem pastoreio
☐ ☐ Agricultura com pastoreio
☐ ☐ Vegetação exótica
☐ ☐ Encosta
☐ ☐ Urbano (residencial)
☒ ☐ Urbano (parque natural)
☐ ☐ Industrial / Comercial
☐ ☐ Outro: _____

Impactos locais:

- ☒ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☐ Estrada ☐ Canal retilíneo
☒ Aqueduto/**Ponte**/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☒ Entulho/Lixo urbano
☒ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: Intervenção de extração de inertes do leito

no mês de Setembro de 2014

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
 (Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7.0
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Bancada inferior	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.0
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações		Reforçado <input type="checkbox"/>
	Obstáculos		Revegetado <input type="checkbox"/>
	Construções		Assoreamento <input type="checkbox"/>
	Nova secção		Aterros nas margens <input checked="" type="checkbox"/>
	Alinhado		Canalizado recentemente <input type="checkbox"/>
	Realinhado		Canalizado antigamente <input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 20.0 m

Margem direita: 150.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): 4.76 mm

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	_____
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input checked="" type="checkbox"/> Outro (s)
<input type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: Vegetação exótica (ME)

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

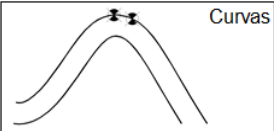
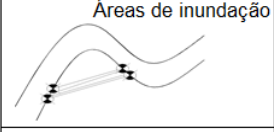
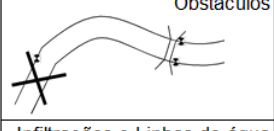
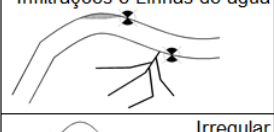
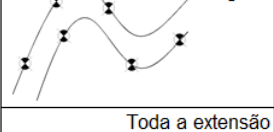
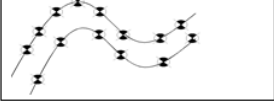
Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

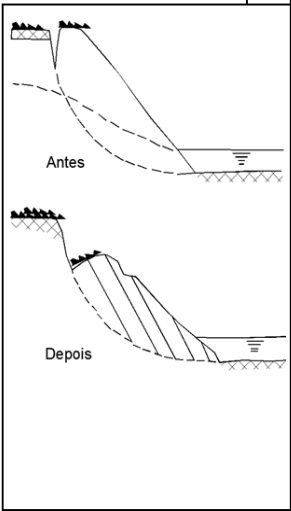
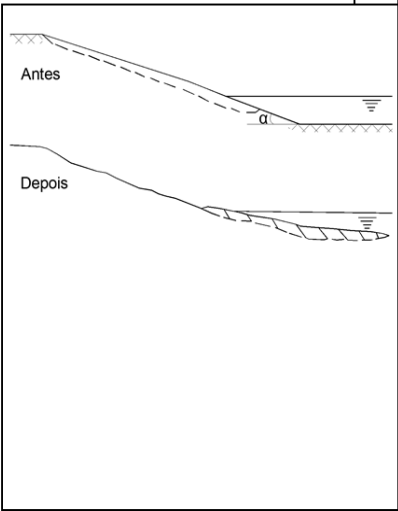
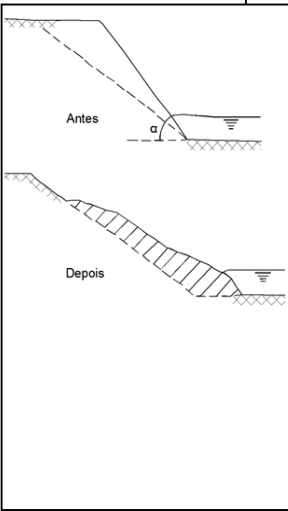
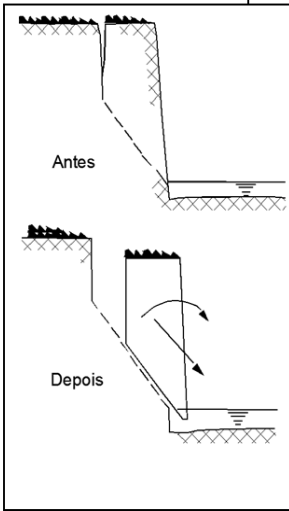
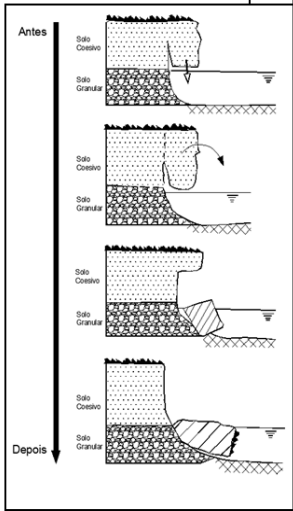
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
					<input checked="" type="checkbox"/>

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Lis	Bacia Hidrográfica: Lis	ARH: Centro	Coordenadas: LAT 39°51'10.57"N LON 8°51'7.30"W
Distrito: Leiria	Concelho/Freguesia: Leiria/ Carreira	Carta Militar: 273	Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto	Hora de início: 16h00	Condições Atmosféricas (hoje): Sol (Céu Limpo)	Choveu na última semana? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
--------------------------------	-----------------------	--	---

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

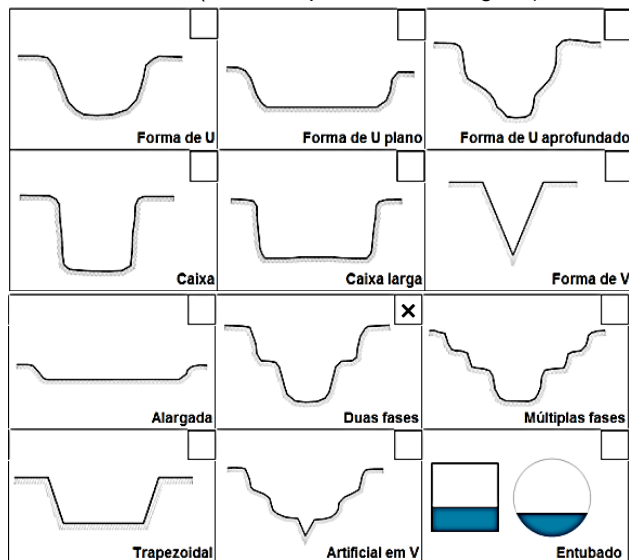
A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido**Forma do canal** (escolha apenas uma categoria):**Uso do solo:**

Margem Esquerda	Margem Direita
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Floresta Nativa
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura sem pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Agricultura com pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Vegetação exótica
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Encosta
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (residencial)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (parque natural)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Industrial / Comercial
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Outro: _____

Impactos locais:

<input type="checkbox"/> Extração de inertes	<input type="checkbox"/> Descarga de esgotos
<input checked="" type="checkbox"/> Estrada	<input checked="" type="checkbox"/> Canal retilíneo
<input checked="" type="checkbox"/> Aqueduto/Ponte/Cais	<input type="checkbox"/> Captação de água
<input type="checkbox"/> Atividade florestal	<input type="checkbox"/> Dragagens
<input type="checkbox"/> Moinho	<input type="checkbox"/> Zona de pastoreio
<input checked="" type="checkbox"/> Rega	<input type="checkbox"/> Entulho/Lixo urbano
<input checked="" type="checkbox"/> Zonas de lazer	<input type="checkbox"/> Outro (s)

Descrição: Pista de Pesca da Carreira / Monte Real (Leiria)

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>	Altura (m) 5.0
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Degraus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input checked="" type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 100.0 m

Margem direita: 500.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): -----

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/> Outro (s)
<input checked="" type="checkbox"/> Mota lateral	
<input type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: _____

Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

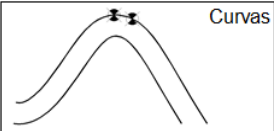
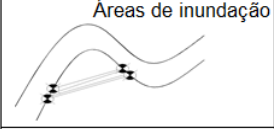
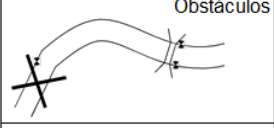
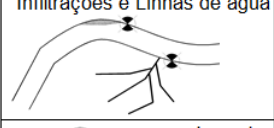
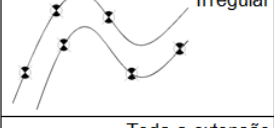
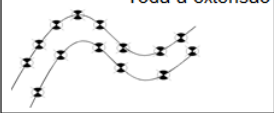
Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

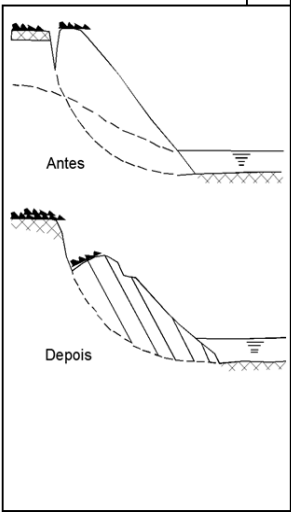
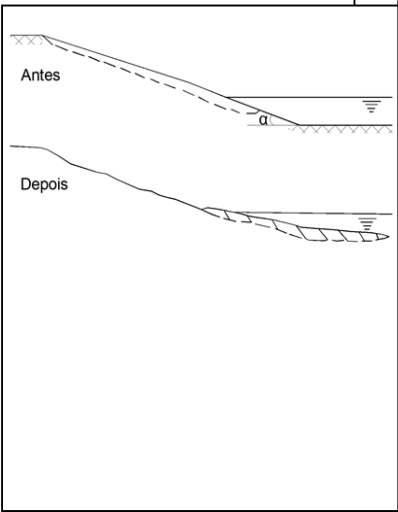
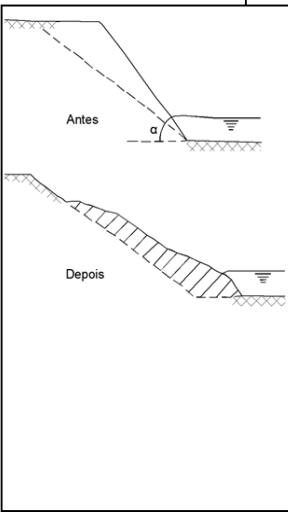
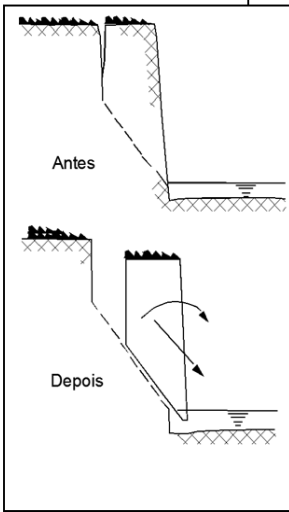
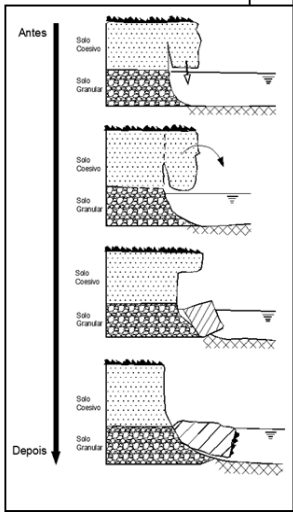
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
					
					
					
					

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens		Estabilidade das margens		
Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efêmera.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Lis	Bacia Hidrográfica: Lis	ARH: Centro	Coordenadas: LAT 39°51'30.71"N LON 8°51'17.14"W
Distrito: Leiria	Concelho/Freguesia: Leiria/ Carreira	Carta Militar: 273	Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto	Hora de início: 16h30	Condições Atmosféricas (hoje): Sol (Céu Limpo)	Choveu na última semana? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
--------------------------------	-----------------------	--	---

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

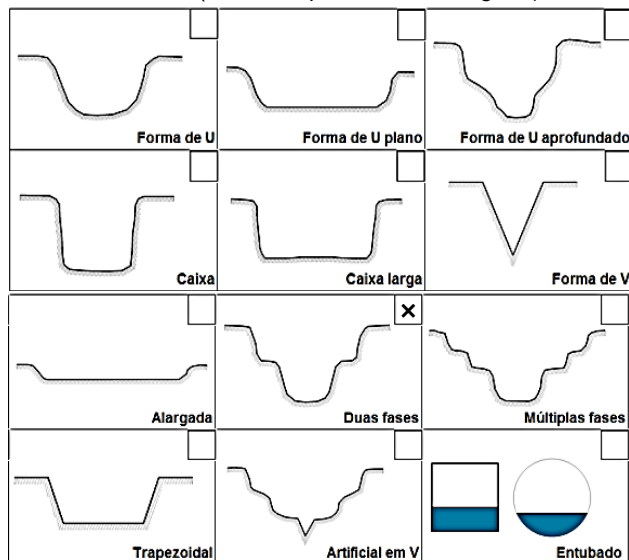
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

☐ ☐ Floresta Nativa
☒ ☒ Agricultura sem pastoreio
☐ ☐ Agricultura com pastoreio
☐ ☐ Vegetação exótica
☐ ☐ Encosta
☐ ☐ Urbano (residencial)
☐ ☐ Urbano (parque natural)
☐ ☐ Industrial / Comercial
☐ ☐ Outro: _____

Impactos locais:

☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☒ Estrada ☒ Canal retilíneo
☐ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☒ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☒ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: Pista de Pesca da Carreira / Monte Real (Leiria)

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
 (Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Degraus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.0
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input checked="" type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 100.0 m

Margem direita: 500.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): _____

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/>	Nenhuma	<input type="checkbox"/>	Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/>	Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/>	Outro (s)
<input checked="" type="checkbox"/>	Mota lateral		
<input type="checkbox"/>	Enrocamento		
<input type="checkbox"/>	Muros de gabião		
<input type="checkbox"/>	Muros de betão		
<input type="checkbox"/>	Vegetação (arbórea e arbustiva)		
Descrição: _____			

Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

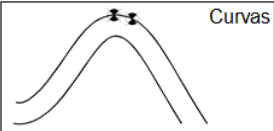
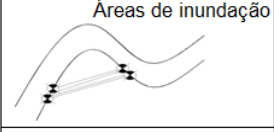
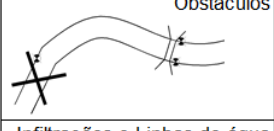
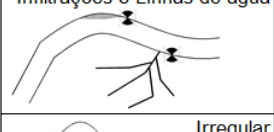
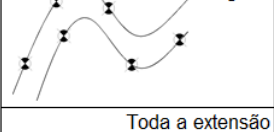
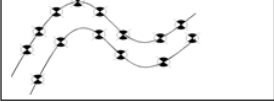
Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

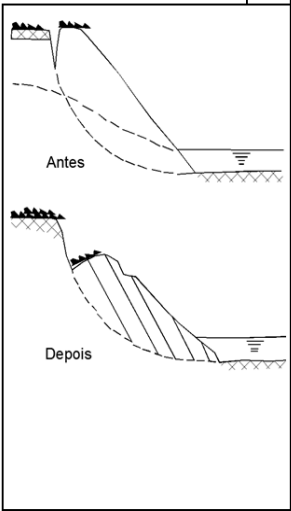
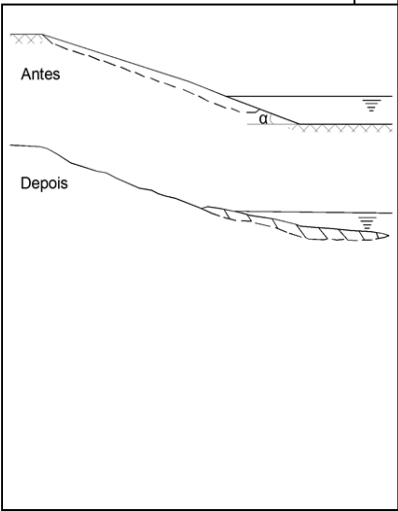
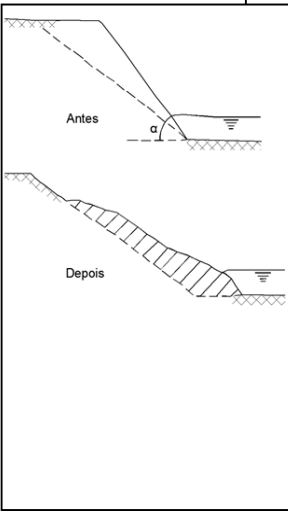
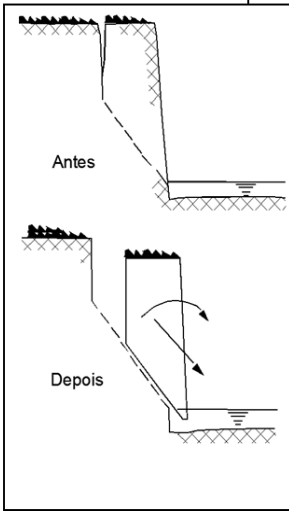
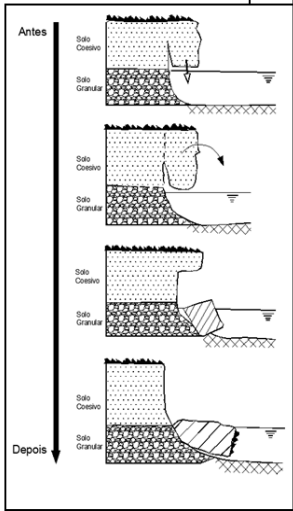
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
					
					
					
					

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Lis	Bacia Hidrográfica: Lis	ARH: Centro	Coordenadas: LAT 39°51'42.59"N LON 8°51'38.92"W
Distrito: Leiria	Concelho/Freguesia: Leiria/ Carreira	Carta Militar: 273	Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto	Hora de início: 17h00	Condições Atmosféricas (hoje): Sol (Céu Limpo)	Choveu na última semana? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
--------------------------------	-----------------------	--	---

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

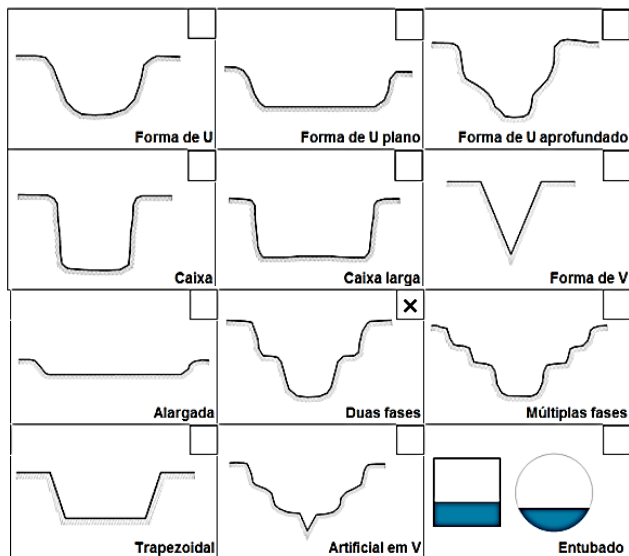
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Floresta Nativa
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura sem pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Agricultura com pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Vegetação exótica
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Encosta
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (residencial)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (parque natural)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Industrial / Comercial
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Outro: _____

Impactos locais:

<input type="checkbox"/> Extração de inertes	<input type="checkbox"/> Descarga de esgotos
<input checked="" type="checkbox"/> Estrada	<input checked="" type="checkbox"/> Canal retilíneo
<input type="checkbox"/> Aqueduto/Ponte/Cais	<input type="checkbox"/> Captação de água
<input type="checkbox"/> Atividade florestal	<input type="checkbox"/> Dragagens
<input type="checkbox"/> Moinho	<input type="checkbox"/> Zona de pastoreio
<input checked="" type="checkbox"/> Rega	<input type="checkbox"/> Entulho/Lixo urbano
<input type="checkbox"/> Zonas de lazer	<input type="checkbox"/> Outro (s)

Descrição: Pista de Pesca da Carreira / Monte Real (Leiria)

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Degraus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.0
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input checked="" type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 200.0 m

Margem direita: 500.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): _____

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/> Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/> Outro (s)
<input checked="" type="checkbox"/> Mota lateral	
<input checked="" type="checkbox"/> Enrocamento	
<input type="checkbox"/> Muros de gabião	
<input type="checkbox"/> Muros de betão	
<input type="checkbox"/> Vegetação (arbórea e arbustiva)	

Descrição: _____

Extensão longitudinal da vegetação / Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

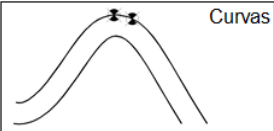
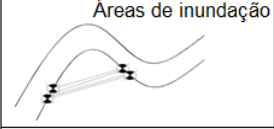
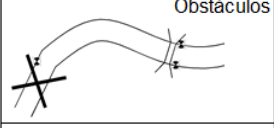
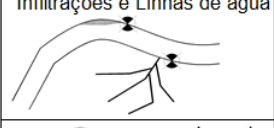
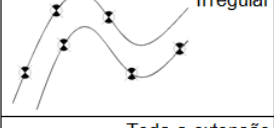
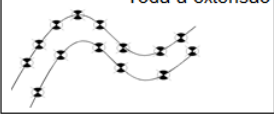
Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

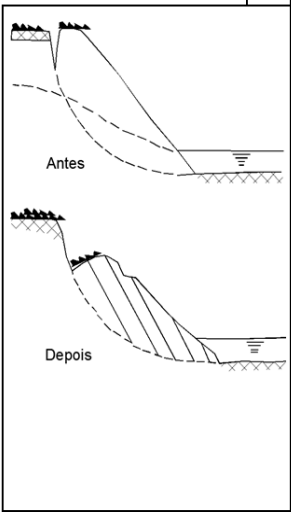
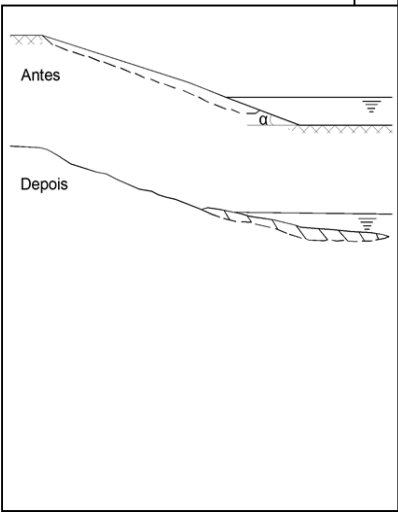
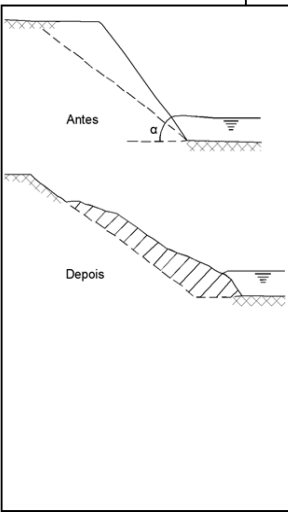
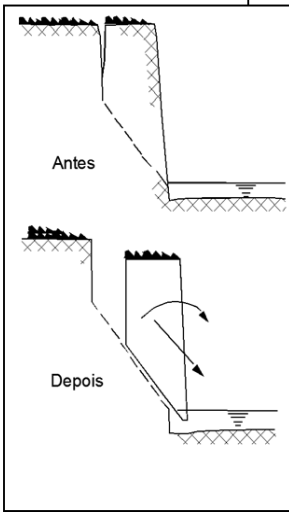
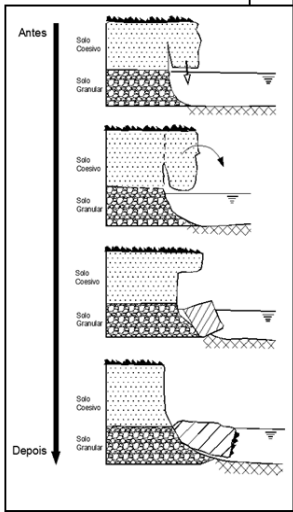
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
					
					
					
					

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efêmera.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Arunca

Bacia Hidrográfica: Mondego

ARH: Centro

Coordenadas: LAT 39°54'7.16"N LON 8°37'48.21"W

Distrito: Leiria

Concelho/Freguesia: Pombal / Pombal

Carta Militar: 274

Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto

Hora de início: 17h30

Condições Atmosféricas (hoje): Sol (Céu Limpo)

Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐**B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)**

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

- ☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

- ☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido**Forma do canal** (escolha apenas uma categoria):

Forma de U	Forma de U plano	Forma de U aprofundado
Caixa	Caixa larga	Forma de V
Alargada	Duas fases	Múltiplas fases
Trapezoidal	Artificial em V	Entubado

Uso do solo:

Margem Esquerda Margem Direita

- ☐ ☐ Floresta Nativa
☐ ☒ Agricultura sem pastoreio
☐ ☐ Agricultura com pastoreio
☐ ☐ Vegetação exótica
☐ ☐ Encosta
☐ ☐ Urbano (residencial)
☒ ☐ Urbano (parque natural)
☐ ☐ Industrial / Comercial
☐ ☐ Outro: _____

Impactos locais:

- ☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☐ Estrada ☐ Canal retilíneo
☐ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☒ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: Drenagem de Águas Pluviais

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
 (Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Sem obstáculos	Ponto de sedimentação com vegetação	Ponto de sedimentação sem vegetação	Ilha com vegetação	Ilha sem vegetação	Sedimentação à volta de obstruções	Entrançado	Canal assoreado	Depósitos de elevados escoamentos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>3.0</u>
	Degraus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>4.5</u>
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input checked="" type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 250.0 m

Margem direita: 100.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): 0.20 mm

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/>	Nenhuma	<input type="checkbox"/>	Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/>	Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/>	Outro (s)
<input checked="" type="checkbox"/>	Mota lateral		
<input checked="" type="checkbox"/>	Enrocamento		
<input type="checkbox"/>	Muros de gabião		
<input type="checkbox"/>	Muros de betão		
<input type="checkbox"/>	Vegetação (arbórea e arbustiva)		

Descrição: _____

Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

Matriz de Sedimentos

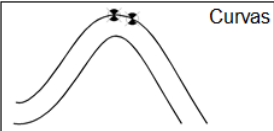
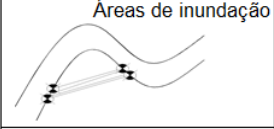
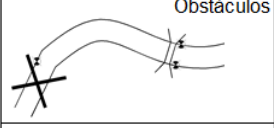
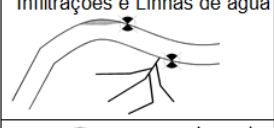
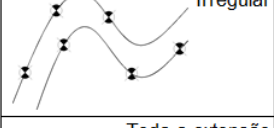
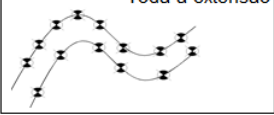
(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☐ Não ☒

(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

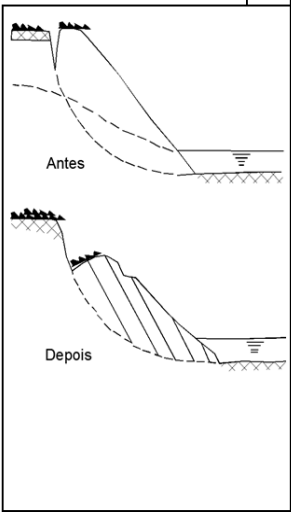
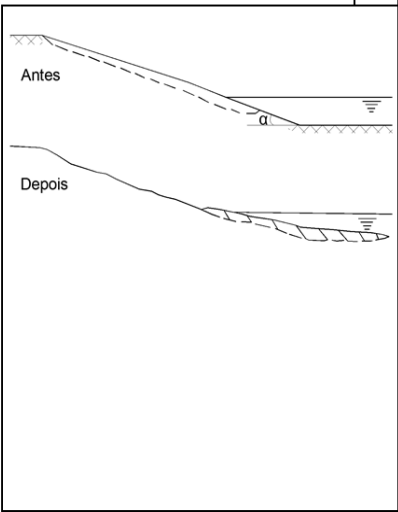
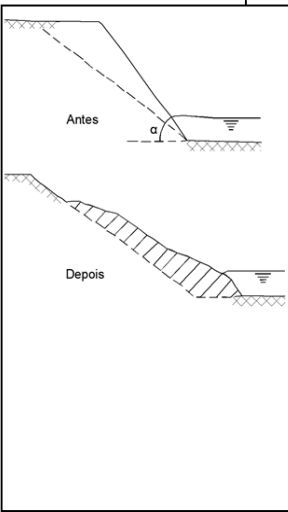
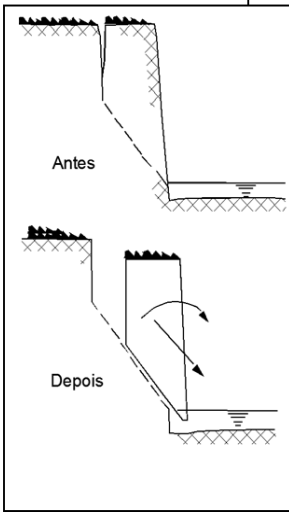
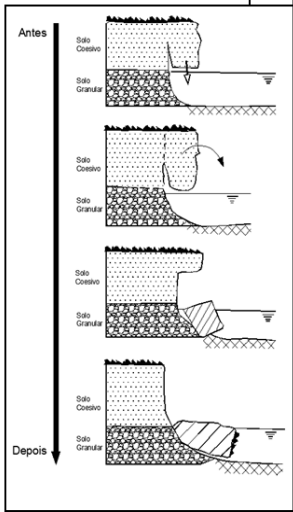
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>				

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens			Estabilidade das margens		
Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão	
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efêmera.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Arunca Bacia Hidrográfica: Mondego ARH: Centro Coordenadas: LAT 39°54'15.83"N LON 8°37'47.25"W

Distrito: Leiria Concelho/Freguesia: Pombal / Pombal Carta Militar: 274 Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto Hora de início: 18h00 Condições Atmosféricas (hoje): Sol (Céu Limpo) Choveu na última semana? Sim ☒ Não ☐

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação global deve ser no mínimo, em três locais de amostragem ao longo de um troço de rio, com comprimento nunca inferior a 500m.

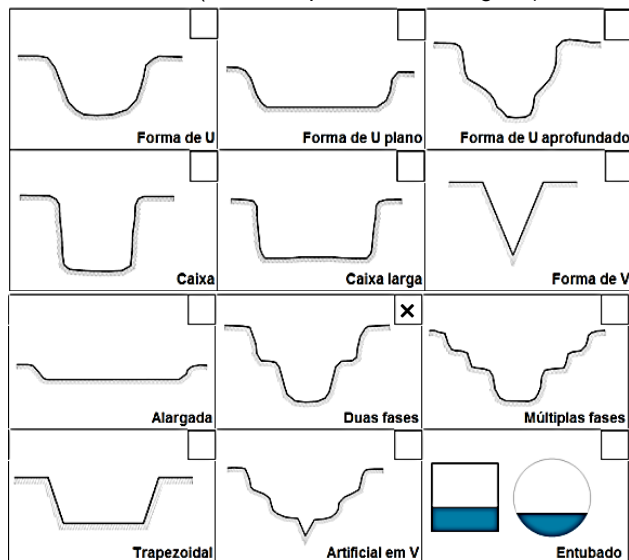
A observação correspondente a cada local de amostragem deve compreender segmentos de 20m de comprimento (10m para jusante e 10m para montante).

Nível de água:

☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido**Forma do canal** (escolha apenas uma categoria):**Uso do solo:**

Margem Esquerda Margem Direita

☐ Floresta Nativa
☐ ☒ Agricultura sem pastoreio
☐ Agricultura com pastoreio
☐ Vegetação exótica
☐ Encosta
☐ Urbano (residencial)
☒ Urbano (parque natural)
☐ Industrial / Comercial
☐ Outro: _____

Impactos locais:

☐ Extração de inertes ☐ Descarga de esgotos
☒ Estrada ☐ Canal retilíneo
☐ Aqueduto/Ponte/Cais ☐ Captação de água
☐ Atividade florestal ☐ Dragagens
☐ Moinho ☐ Zona de pastoreio
☐ Rega ☐ Entulho/Lixo urbano
☒ Zonas de lazer ☐ Outro (s)

Descrição: Drenagem de Águas Pluviais

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
(Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>	Altura (m) _____
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Degraus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.5
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.5

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input checked="" type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 250.0 m

Margem direita: 200.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): 0.20 mm

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/>	Nenhuma	<input type="checkbox"/>	Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/>	Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/>	Outro (s)
<input checked="" type="checkbox"/>	Mota lateral		
<input checked="" type="checkbox"/>	Enrocamento		
<input type="checkbox"/>	Muros de gabião		
<input type="checkbox"/>	Muros de betão		
<input type="checkbox"/>	Vegetação (arbórea e arbustiva)		

Descrição: _____

Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

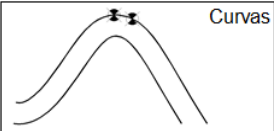
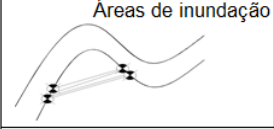
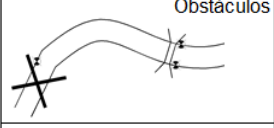
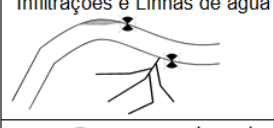
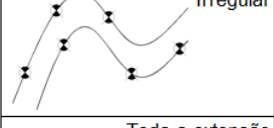
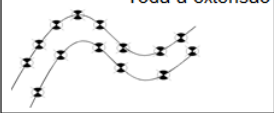
Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☒ Não ☐
(Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

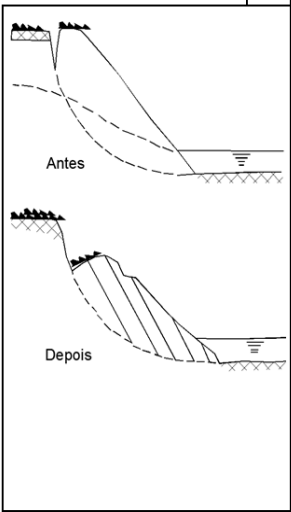
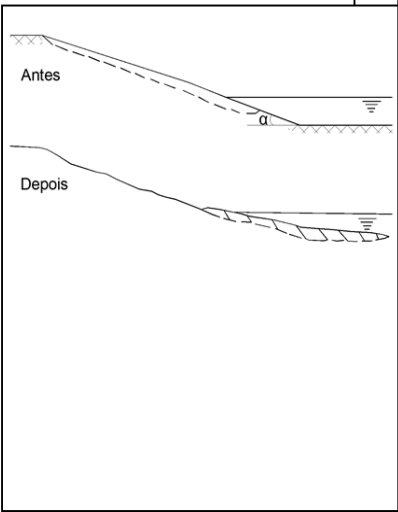
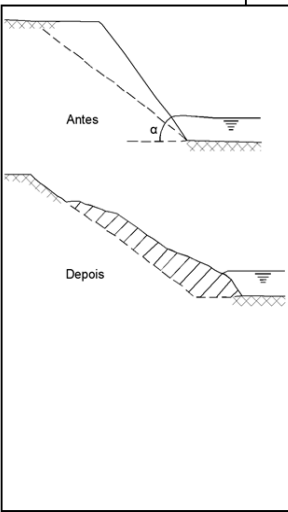
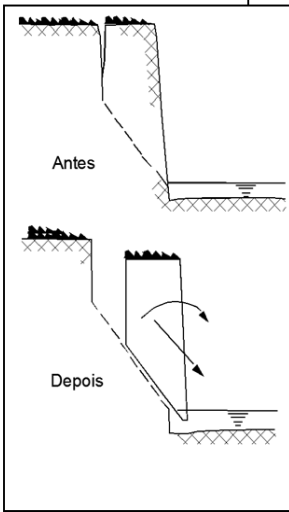
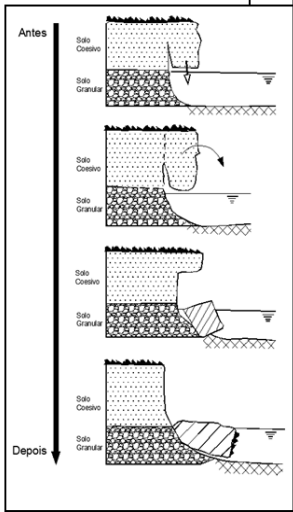
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
 Irregular	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>			
			<input checked="" type="checkbox"/>		
				<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)

--	--

C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

--	--	--	--

A - DADOS GERAIS (troço fluvial)

Nome do curso de água: Rio Arunca	Bacia Hidrográfica: Mondego	ARH: Centro	Coordenadas: LAT 39°54'25.16"N LON 8°37'49.80"W
Distrito: Leiria	Concelho/Freguesia: Pombal / Pombal	Carta Militar: 274	Data: 2016 / 09 / 14

Nome observador: António Pinto	Hora de início: 18h30	Condições Atmosféricas (hoje): Sol (Céu Limpo)	Choveu na última semana? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
--------------------------------	-----------------------	--	---

B – RECOLHA DE DADOS (ponto de amostragem)

A observação em cada ponto deve ser, no geral, 10m para jusante e 10m para montante (total de 20m).

A observação global deve ser ao longo do troço de rio em estudo, sendo no mínimo 500m analisados com 3 pontos de amostragem.

Nível de água:

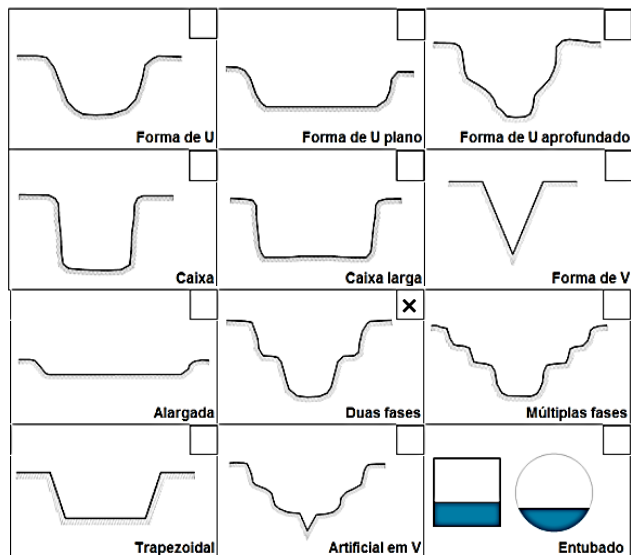
☐ Seco ☐ Sem escoamento ☐ Baixo
☒ Escoamento dominante ☐ Elevado ☐ Inundação

Tipologia de Linha de Água:

☐ Montanha ☒ Intermédio ☐ Estuário

Tipo de Escoamento: ☒ Lento ☐ Rápido

Forma do canal (escolha apenas uma categoria):

**Uso do solo:**

Margem Esquerda	Margem Direita
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Floresta Nativa
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Agricultura sem pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Agricultura com pastoreio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Vegetação exótica
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Encosta
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (residencial)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Urbano (parque natural)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Industrial / Comercial
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Outro: _____

Impactos locais:

<input type="checkbox"/> Extração de inertes	<input type="checkbox"/> Descarga de esgotos
<input checked="" type="checkbox"/> Estrada	<input type="checkbox"/> Canal retilíneo
<input type="checkbox"/> Aqueduto/Ponte/Cais	<input type="checkbox"/> Captação de água
<input type="checkbox"/> Atividade florestal	<input type="checkbox"/> Dragagens
<input type="checkbox"/> Moinho	<input type="checkbox"/> Zona de pastoreio
<input type="checkbox"/> Rega	<input type="checkbox"/> Entulho/Lixo urbano
<input checked="" type="checkbox"/> Zonas de lazer	<input type="checkbox"/> Outro (s)

Descrição: Drenagem de Águas Pluviais

Dimensão da linha de Água: ☐ A<10km² ☐ 10km²<A<100km² ☒ A>100km²
 (Área da bacia hidrográfica)

Tipos de obstáculos (Ponto de amostragem):

Forma/Altura da margem:

	Concava	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>	Altura (m) 3.5
	Convexa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Degraus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.5
	Bancada inferior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Escavada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Ângulo da margem:

	Vertical (80° - 90°)	Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
	Íngreme (60° - 80°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Moderada (30° - 60°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Baixa (10° - 30°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Plana (<10°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modificações do canal:

	Sem modificações	<input type="checkbox"/>		Reforçado	<input type="checkbox"/>
	Obstáculos	<input type="checkbox"/>		Revegetado	<input type="checkbox"/>
	Construções	<input checked="" type="checkbox"/>		Assoreamento	<input type="checkbox"/>
	Nova secção	<input type="checkbox"/>		Aterros nas margens	<input type="checkbox"/>
	Alinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado recentemente	<input type="checkbox"/>
	Realinhado	<input type="checkbox"/>		Canalizado antigamente	<input type="checkbox"/>

Distância ao aglomerado urbano:

Margem esquerda: 100.0 m

Margem direita: 200.0 m

Granulometria do material da margem (D₅₀): 0.20 mm

Composição do material da margem

(escolher apenas uma categoria)

Margem Esquerda	Margem Direita	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais coesivos (argilas e siltes)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Materiais granulares (areias; gravilhas e seixos)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Materiais compostos (estratificado)

Disposição do material da margem:

	Homogêneo	Margem Esquerda <input checked="" type="checkbox"/>	Margem Direita <input checked="" type="checkbox"/>
	Estratificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estruturas de proteção de margens

<input type="checkbox"/>	Nenhuma	<input type="checkbox"/>	Técnicas Engenharia Natural
<input type="checkbox"/>	Estruturas de vedação	<input type="checkbox"/>	Outro (s)
<input checked="" type="checkbox"/>	Mota lateral		
<input checked="" type="checkbox"/>	Enrocamento		
<input type="checkbox"/>	Muros de gabião		
<input type="checkbox"/>	Muros de betão		
<input type="checkbox"/>	Vegetação (arbórea e arbustiva)		

Descrição: _____

Extensão longitudinal da vegetação /

Proteção de superfície (%):

Ausente (0%)		Margem Esquerda <input type="checkbox"/>	Margem Direita <input type="checkbox"/>
Isolado/Disperso (10%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regularmente espaçado (50%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aglomerados ocasionais (30%)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Semi-contínuo (75%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contínuo (100%)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Compactação do material da margem

(escolhe apenas uma categoria)

	Muito bem compactado com uma matriz de sedimentos bem graduada. Difícil desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactado com uma matriz de sedimentos de tamanhos diferentes sobrepostos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Compactação moderada com pouca sobreposição de sedimentos. Moderada desagregação.	<input type="checkbox"/>
	Baixa compactação com limitada gama de sedimentos e pouca sobreposição. Fácil desagregação.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Baixa compactação com uma variedade de sedimentos finos soltos e sem sobreposição. Fácil desagregação.	<input type="checkbox"/>

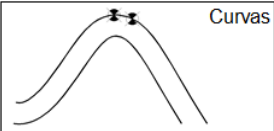
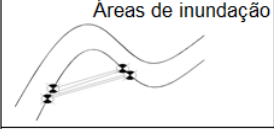
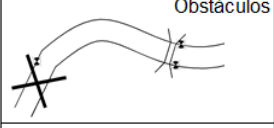
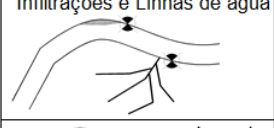
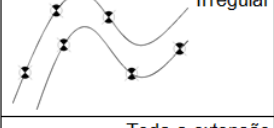
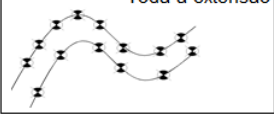
Matriz de Sedimentos

(escolhe apenas uma categoria)

	Rocha	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 0 - 5% sedimentos finos; Muito espaço intersticial disponível.	<input type="checkbox"/>
	Matriz com 5 - 32% sedimentos finos; Disponibilidade moderada de espaço intersticial.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Matriz com 32 - 60% sedimentos finos; Baixa disponibilidade de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>
	Matriz dominante > 60% sedimentos finos; Disponibilidade praticamente ausente de espaço intersticial.	<input type="checkbox"/>

Existe erosão? Sim ☐ Não ☒ (Se Sim, continuar a preencher. Se não, passar para a classificação do estado e potencial de erosão das margens)

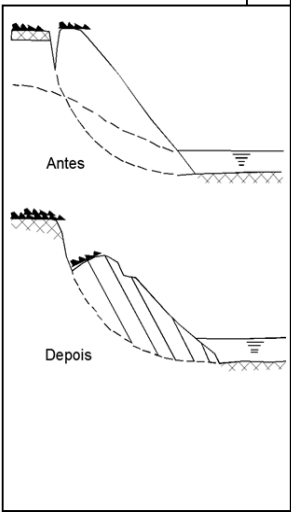
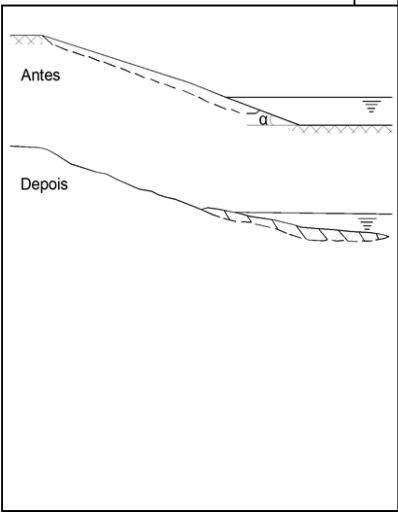
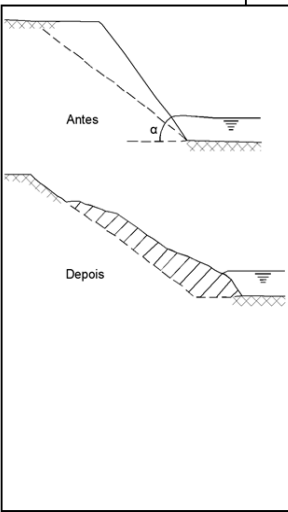
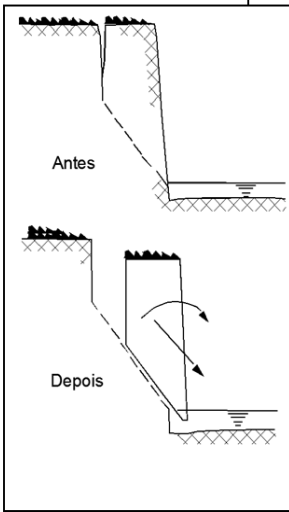
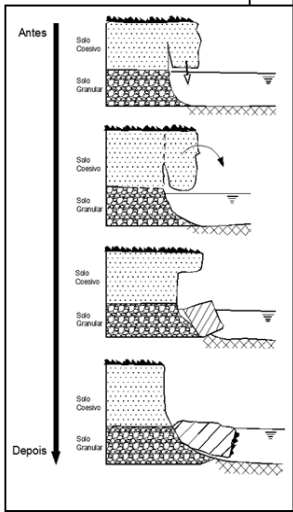
Localização de pontos de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita
 Curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Áreas de inundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Obstáculos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Infiltrações e Linhas de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 Toda a extensão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos causadores de instabilidade:

	Margem Esquerda	Margem Direita		Margem Esquerda	Margem Direita
Remoção do material da base da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Saturação do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento da carga sobre a margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perda de confinamento do material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Perda de água do material da margem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obstruções (açudes; vegetação; etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mecanismos de rotura das margens:

	Rotura Circular	Rotura Plana ($\alpha < 30^\circ$)	Rotura Plana ($\alpha > 30^\circ$)	Rotura Plana (bloco)	Rotura (remoção do material da base do talude)
	<input type="checkbox"/>				

Classificação do estado e potencial de erosão das margens:

Instabilidade das margens

Estabilidade das margens

Erosão severa	Erosão elevada	Erosão moderada	Erosão pontual	Sem erosão
Sinais profundos de erosão. Margens íngremes devido à erosão.	Margens compostas por material sem consolidação. Visível destacamento dos sedimentos finos e sinais de erosão preocupantes.	Margens com áreas sem vegetação e que se encontram com maior potencial de erosão.	Sinais de erosão devidas à presença de obstáculos, ou outro tipo de pressão efemérea.	As margens estão num estado relativamente natural. Os sedimentos estão em equilíbrio e consolidados tanto nas margens como no leito.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

C – ESQUEMA LONGITUDINAL / CORTE TRANSVERSAL / ESTRUTURAS HIDRÁULICAS (ponto de amostragem)

C1. Esquema longitudinal (ponto de amostragem)

--

C2. Corte transversal do curso de água com domínio hídrico (ponto de amostragem)














--	--

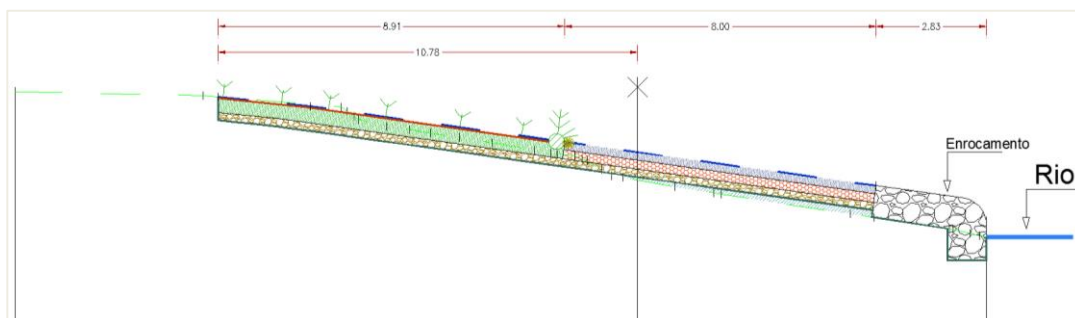
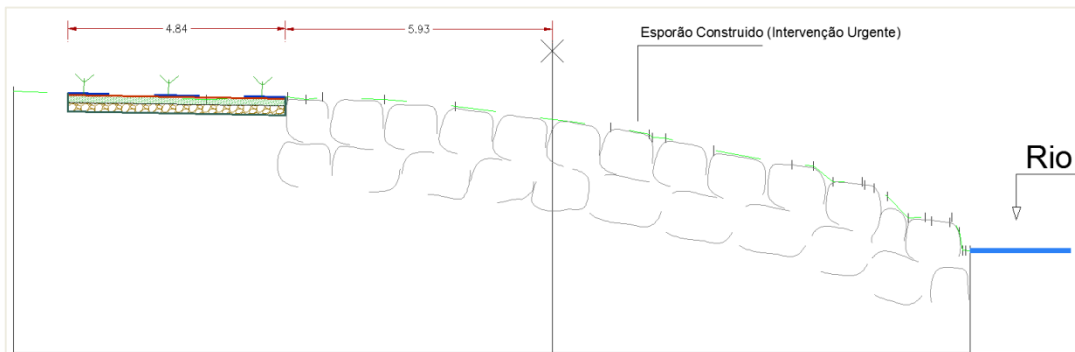
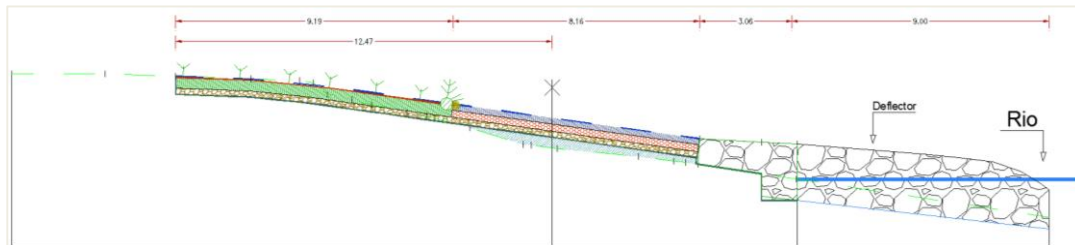
C3. Estruturas hidráulicas (ponto de amostragem)

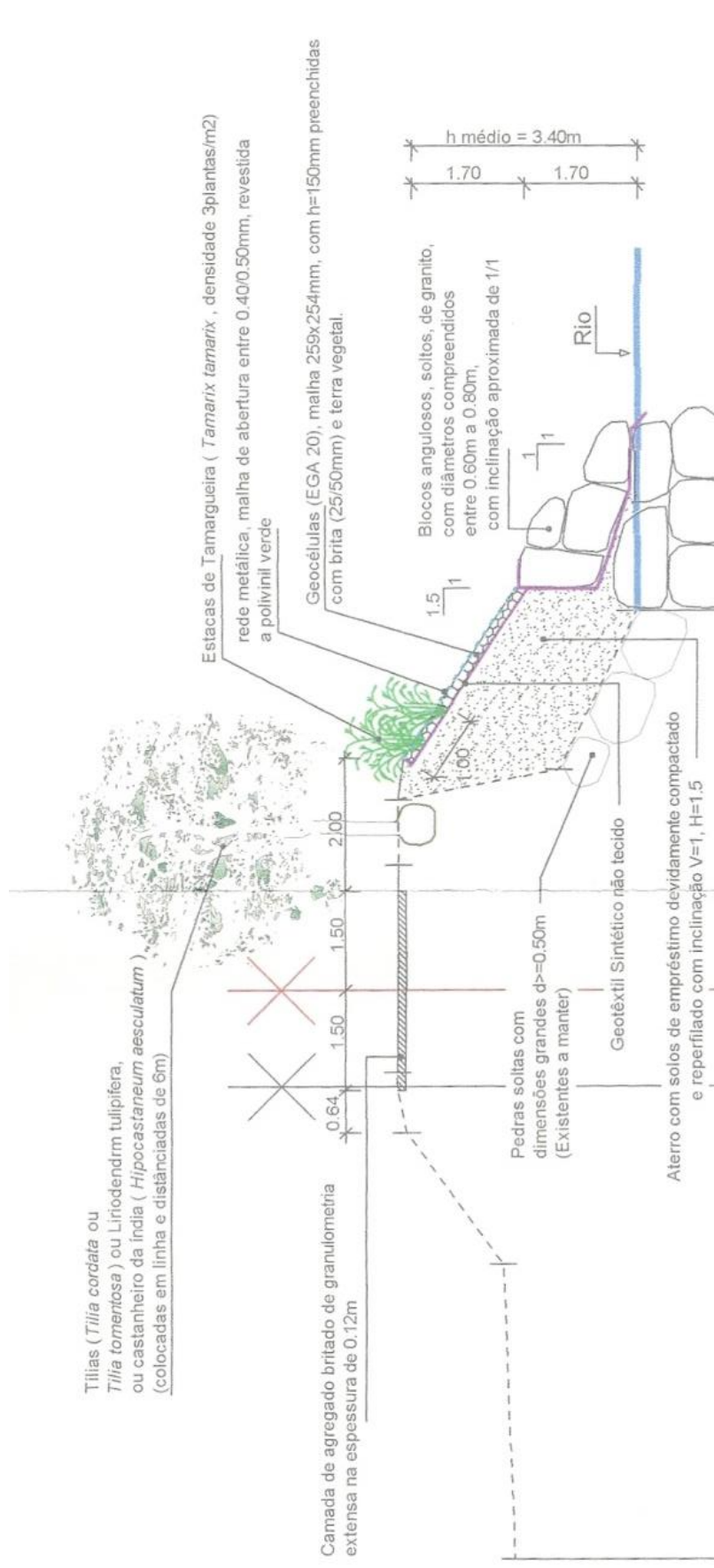
--	--	--	--

ANEXO 7

LEGENDA:

-  - Linha Natural do Terreno
-  - Camada de enrocamento (blocos de granito angular, dimensões 50/80cm)
-  - Camada de enchimento com inertes (brita 30/40mm); espessura mínima=0.20m (confirmar nos perfis transversais)
-  - Camada de terra vegetal, com espessura de 0.20m, com cobertura vegetal posterior, (ver pormenor geral de plantações).
-  - Colchão Reno, em malha hexagonal (Plastificada, PVC) de dupla torção tipo "6x8" Ø2.2mm, com dimensões: comprimento=4.00m, largura=2.00m, altura=0.23m.
-  - Camada de terra vegetal com espessura média de 0.40m, com hidrosementeira do tipo A
-  - Camada de enchimento em solo (aterro), (solos escavados ou solos provenientes de empréstimo) devidamente compactados, com espessura variável. (A executar nos locais previstos nos perfis transversais)
-  - Faxina viva de salgueiros (Ø 30cm), com núcleo central em terra vegetal.
-  - Biorolo de fibra estruturado em rede de polipropileno e vegetado com Macrófitos, com diâmetro de 0.40m, do tipo "aquanea", modelo Fiber Rol TM vegetado, ou equivalente.
-  - Estacaria viva de Salgueiros, com compasso de 3x3m.
-  - Malha Metálica electrosoldada e plastificada com revestimento em Polivinil (cor verde), e abertura de malha 50x50 mm, diâmetro do arame 2.2mm, tipo "Voliplast" da Majodir, Lda ou equivalente.
-  - Geomalha permanente tridimensional, (tripla malha de polipropileno), com matriz 100% de fibra de coco, do tipo "AQUANEA", modelo C350 Vmax, ou equivalente.
-  - Geotextil Sintético, (não tecido; 200g/m2)





Quadro 1 – Quadro-resumo da aplicação da base sistemática de monitorização e avaliação do desempenho temporal observado das soluções técnicas de estabilização implementadas nos dois troços em análise no rio Lima, com base nas ações de monitorização realizada em junho de 2016

Base Sistemática de Monitorização	Rio Lima			
	Cardielos	Cardielos		
1. Caracterização Prévia				
Modificações/alterações/construções	O período de extração de inertes no leito do rio Lima (1987-1990) originou um avanço galopante do rio sobre a terra, nomeadamente na margem direita; A construção das barragens de Alto-Lindoso e Touvedo (1992 e 1993, respetivamente), com elevada eficiência de retenção não permitem a reposição sedimentológica necessária para que se mantenha um equilíbrio na dinâmica fluvial.			
Causas da intervenção	Elevada erosão da margem direita do rio Lima, colocando em risco a zona de lazer de Cardielos.	Elevada erosão da margem direita do rio Lima, colocando em risco o caminho existente e a zona húmida sapal-juncal (Rede Natura 2000).		
Ano da intervenção	2010	2011		
Objetivos da Intervenção	Estabilização da margem direita; Melhoria dos <i>habitats</i> marginais; Utilização de materiais e técnicas inovadoras (técnicas de engenharia natural); Recuperação da vegetação ribeirinha; Valorização paisagística e ambiental da zona envolvente.	Estabilização da margem direita; Melhoria dos <i>habitats</i> marginais; Utilização de materiais e técnicas inovadoras (técnicas de engenharia natural); Recuperação da vegetação ribeirinha; Valorização paisagística e ambiental da zona envolvente; Proteger o caminho existente ao longo da margem e dois postes de eletricidade (EDP); Proteção da zona húmida sapal-juncal (Rede Natura 2000).		
Técnicas implementadas (Margem)	Esporões; Defletores; Enrocamento	Enrocamento		
Técnicas implementadas (Talude)	Colchão reno; Biorolo vegetado; Geomalha bidimensional + Fibra de coco; Rede metálica revestida em polivinil (0.4*0.5 mm); Estacaria viva; Faxina viva; e, Hidrossementeira.	Geocélulas; Geomalha bidimensional + Fibra de coco; Rede metálica revestida em polivinil (0.4*0.5mm); e, Estacaria viva.		
Ações de monitorização/manutenção	Dois anos após a intervenção (1 ação de monitorização por ano - Verão)			
2. Materiais (análise e diagnóstico)				
	Esporões	Hidrossementeira	Geocélulas	Estacaria viva
Material vegetal vivo (Talude)	Não existente	60% <i>Hidrossementeira</i>	Não existente	30% <i>Salix salviifolia</i> ; 35% <i>Juncus effusus</i> ; 35% <i>Tamarix tamarix</i>
Tipo de vegetação				
Comprimento/Diâmetro (cm)				200(±50)/5(±2.5) <i>Salix salviifolia</i> ; 50(±5)/15(±5) <i>Juncus effusus</i> ; 150(±30)/5(±5) <i>Tamarix africana</i>
Revegetação (retancha)				Sim
Uniformidade no coberto arbóreo		(Bom – 80%) Algumas zonas com menos desenvolvimento, devido à ausência de medidas de proteção em relação ao pisoteio (animais e pessoas).		(Bom – 80%) - No centro da curvatura do talude o desenvolvimento da vegetação é inferior quando comparado com a restante área de intervenção
Raízes Estáveis/Instáveis				Estáveis
Vegetação exótica/invasora				
Madeira seca e tratada (Margem/Talude)				
Resistência/Durabilidade	Não existente			
Técnica de instalação/aplicação				
Pedra (Margem)		Não existente	Não existente	Não existente
Resistência/Durabilidade	Bom comportamento			
Eficaz	Eficaz			
Quantidade	Angular			
Forma	Esporões (80-100cm)			
Dimensões (D ₅₀)	Verificou-se			
Arrastamento de pedras	arrastamento de			

	pedras nos dois esporões localizados mais a montante.			
Geossintéticos/Geotêxteis (Margem /Talude) Integridade	Em decomposição avançado (Geotêxtil). Bom estado de conservação (Geomalha e Fibra de coco).		Bom estado de conservação (Geotêxtil e Geocélulas); Em decomposição avançado (Geomalha e Fibra de Coco).	
Sistemas de fixação	Colocação de Pedras a cobrir o geotêxtil; Geomalha e Fibra de coco fixadas com grampos de ferro.		Colocação de Pedras a cobrir o geotêxtil; Geomalha e Geocélulas fixadas com grampos de ferro.	
Arame; Grampos de Ferro; Rede metálica (Margem /Talude) Pontos de corrosão e/ou degradação	Verificou-se que alguns grampos em ferro estavam soltos e em elevado estado de corrosão.		Verificou-se que alguns grampos em ferro tinham sido removidos, nomeadamente nos pontos inicial e final da intervenção.	
Técnica de instalação/aplicação	União e fixação da rede metálica ao solo.		União e fixação da rede metálica ao solo e entre duas placas (Geocélulas).	
3. Adaptação aos requisitos técnicos do local da intervenção	Esporões (Condições Base)	Hidrossementeira (Condições Base)	Geocélulas (Condições Base)	Estacaria viva (Condições Base)
Altura (m)	2.0	OK	1.0	OK
Inclinação (°)	90	OK	20	OK
Tipo de material	Composto	OK	Composto	OK
Mecanismo de Instabilidade	Remoção do material (base da margem)	OK		
Mecanismo de Rotura		OK		
Tensão de Arrastamento (Pa)	200 - 400	OK	<200	OK
Velocidade de Escoamento (m/s)	2.0 - 4.0	OK	<2.0	OK
Revestimento vegetal	-----	-----	-----	-----
Tipo de erosão	Generalizada	OK	Generalizada	OK
Acessibilidade para construção	Sim	OK	Sim	OK
4. Pontos Fortes e Pontos Fracos da Intervenção				
Pontos Fortes	Foi alcançado o objetivo principal de contenção dos processos erosivos com recurso a técnicas de engenharia natural aliado à valorização ambiental e paisagístico da zona envolvente (na extensão de 300m totalmente intervencionada).		Contenção dos processos erosivos na margem direita com a manutenção do caminho existente e proteção da zona húmida sapal-juncal (que integra uma área demarcada na rede Natura 2000).	
Pontos Fracos	Aquando da última visita de campo realizada, em junho de 2016, os principais problemas persistem, nomeadamente: a zona final da intervenção encontra-se em elevado estado de degradação, na confluência do ribeiro à margem direita do rio Lima; Foram identificadas diferentes falhas no sistema de fixação da rede metálica (na ligação ao enrocamento e na união entre duas placas de rede); A vegetação colocada por estacaria apesar de ter tido uma evolução positiva no seu desenvolvimento, cerca de 60% não vingou.		Zona inicial e final da intervenção em elevado estado de degradação com parte da estrutura de proteção em rutura. Foi detetado o arrastamento de pedras do enrocamento no centro da curvatura e consequentemente essa área apresenta maior debilidade, nomeadamente a estrutura de geocélulas (despidas do solo de preenchimento). No entanto, a evolução significativa da vegetação aplicada no talude reduziu o potencial de erosão, aumentando o coberto arbóreo.	
5. Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas				
Esporões	IV – Bom			
Geocélulas	IV – Bom			
Estacaria viva	IV – Bom			
Hidrossementeira	IV – Bom			
6. Análise comparativa: Desempenho observado vs Evolução temporal expectável				

Quadro 1 – Quadro-resumo da aplicação da base sistemática de monitorização e avaliação do desempenho temporal observado das soluções técnicas de estabilização implementadas nos dois troços em análise na ribeira da Granja, com base na ação de monitorização realizada em junho de 2016

Base Sistemática de Monitorização		Ribeira da Granja			
		Quinta do Rio		Viso	
1. Caracterização Prévia					
Modificações/alterações/construções		Desentubamento do troço da ribeira da Granja (Quinta do Rio); Criação de espaços públicos, circuitos pedonais e ciclovias ao longo da ribeira.			
Causas da intervenção		Desentubamento desse troço da linha de água; Diminuição da ocorrência de inundações na área envolvente à escola do Viso e estrada municipal.	Área de intervenção em elevado estado de degradação (obstrução do leito e margens) a provocar problemas de erosão nas margens.		
Ano da intervenção		2010	2011		
Objetivos da Intervenção		Promover o aumento da conectividade na ribeira da Granja, com o desentubamento e requalificação do leito e margens.	Proceder à limpeza e desobstrução do leito e margens, a estabilização das margens e a plantação de espécies autóctones ribeirinhas.		
Técnicas implementadas (Margem)		Enrocamento vivo; Estacaria viva; Sementeira; Hidrossementeira.	Enrocamento vivo; Cribwall; Faxinas vivas; Entrançado vivo; Biorolo vegetado.		
Técnicas implementadas (Talude)		Muros em alvenaria de pedra.	Estacaria viva.		
Ações de monitorização/manutenção		Não foram realizadas quaisquer ações de monitorização desde a data da intervenção.			
2. Materiais (análise e diagnóstico)					
		Enrocamento vivo	Estacaria viva	Entrançado vivo	Faxinas vivas
Material vegetal vivo (margem)	Tipo de vegetação	Não existente	30% <i>Salix atrocinerea</i> (1) 35% <i>Juncus effusus</i> ; (2) 35% <i>Tamarix africana</i> (3)	<i>Salix atrocinerea</i>	<i>Salix atrocinerea</i>
	Comprimento/Diâmetro (cm)				
	Revegetação (retancho)				
	Uniformidade no coberto arbóreo				
	Raízes Estáveis/Instáveis				
	Vegetação exótica/invasora		Sim (Bom –75%) Algumas zonas com menos desenvolvimento, devido à ausência de medidas de proteção em relação ao pisoteio (animais e pessoas). Estáveis	Sim (Mau – 40%) - No centro da curvatura do talude o desenvolvimento da vegetação é inferior quando comparado com a a restante área de intervenção Instáveis	
Madeira seca e tratada (Margem/Talude)		Não existente			
Resistência/Durabilidade					
Técnica de instalação/aplicação					
Pedra (Margem)					
	Resistência/Durabilidade	Bom comportamento Eficaz Angular 40-60cm Não foi detetado	Não existente	Não existente	Não existente
	Quantidade				
	Forma				
	Dimensões (D ₅₀)				
	Arrastamento de pedras				
Geossintéticos/Geotêxteis (Margem /Talude)					
	Integridade	Em decomposição avançado (Geotêxtil). Colocação de Pedras a cobrir o geotêxtil	Não existente	Não existente	Não existente
	Sistemas de fixação				
Arame; Grampos de Ferro; Rede metálica (Margem /Talude)		Não existente			
Pontos de corrosão e/ou degradação					

Técnica de instalação/aplicação								
3. Adaptação aos requisitos técnicos do local da intervenção	Enrocamento vivo (Condições Base)		Estacaria viva (Condições Base)		Entrançado vivo (Condições Base)		Faxinas vivas (Condições Base)	
Altura (m)	1.5	OK	1.0	OK	1.0	OK	1.0	OK
Inclinação (°)	60	OK	20	OK	90	OK	45	OK
Tipo de material	Composto	OK	Composto	OK	Composto	OK	Composto	OK
Mecanismo de Instabilidade	Remoção do material (base da margem)	OK			Ao longo de curva	OK	Ao longo de curva	
Mecanismo de Rotura		OK			Perda de estrutura radicular	OK		
Tensão de Arrastamento (Pa)	<200	OK	<200	OK	<200	OK	<200	OK
Velocidade de Escoamento (m/s)	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK
Revestimento vegetal	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----
Tipo de erosão	Pontual	OK	Generalizada	OK	Generalizada	OK	Generalizada	OK
Acessibilidade para construção	Sim	OK	Sim	OK	Sim	OK	Sim	OK
4. Pontos Fortes e Pontos Fracos da Intervenção								
Pontos Fortes	Foi alcançado o objetivo principal de desentubamento da linha de água e valorização dessa área como zona de recreio e lazer.				Contenção dos processos erosivos nas margens em grande parte da extensão intervencionada.			
Pontos Fracos	A seleção da ação “sem intervenção” nas margens conduziu a um aumento da vulnerabilidade à erosão superficial, especialmente, nas áreas onde a vegetação espontânea não germinou.				A estrutura de faxinas vivas e entrançado vivo encontram-se em elevado estado de degradação. Verifica-se uma crescente obstrução do leito da ribeira com vegetação, devido à ausência de ações de monitorização e manutenção desta área.			
5. Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas								
Enrocamento	IV – Bom							
Estacaria viva	IV – Bom							
Entrançado vivo	II – Mau							
Faxinas vivas	II – Mau							
6. Análise comparativa: Desempenho observado vs Evolução temporal expectável								

Quadro 1 – Quadro-resumo da aplicação da base sistemática de monitorização e avaliação do desempenho temporal observado das soluções técnicas de estabilização implementadas nos três troços em análise na ribeira de Odelouca com base na ação de monitorização, realizada em junho de 2016.

Base Sistemática de Monitorização		Ribeira de Odelouca				
		Troço 1	Troço 2	Troço 3		
1. Caracterização Prévia						
Modificações/alterações/construções		Construção da barragem de Odelouca (2010), pela elevada eficiência de retenção da albufeira criada, não permite a reposição sedimentológica necessária para que se mantenha um equilíbrio dinâmico dos troços fluviais a jusante.				
Causas da intervenção		Elevada erosão da margem Direita	Ausência de vegetação autóctone-margem direita	Elevada erosão da margem esquerda.		
Ano da intervenção		2012				
Objetivos da Intervenção		Controlar a erosão fluvial, com prevalência em medidas pouco impactantes e potenciadoras da recuperação dos habitats; Reabilitar a cortina ripária; Reduzir as espécies vegetais exóticas invasoras (especialmente canavial - <i>Arundo donax</i>) no corredor ribeirinho.				
Técnicas implementadas (Margem)		Muro gabião vivo	Enrocamento vivo	Enrocamento; Cribwall		
Técnicas implementadas (Talude)		Estacaria viva; Geomalha; Manta orgânica.				
Ações de monitorização/manutenção		Dois anos após a intervenção (2 ações por ano)				
2. Materiais (análise e diagnóstico)						
		Muro Gabião vivo	Enrocamento vivo	Cribwall	Estacaria viva	Enrocamento
Material vegetal vivo (Margem)						
Tipo de vegetação		<i>Salix salvifolia</i>	<i>Salix salvifolia</i> (1) <i>Fraxinus angustifolia</i> (2) <i>Nerium oleander</i> (3) <i>Tamarix fricana</i> (4)	<i>Salix salvifolia</i>	Não existente	Não existente
Comprimento/Diâmetro (cm)		450(±50)/ 10(±5)	(1) 150(±50)/4(±1) (2) 120(±30)/2(±1) (3) 120(±30)/3(±2) (4) 100(±30)/3(±2)	350(±50)/ 7.5(±1)		
Revegetação (retancho)		Sim	Sim			
Uniformidade no coberto arbóreo		>90% (Excelente)	>60% (Razoável)			
Raízes Estáveis/Instáveis		Estável	Estável			
Vegetação exótica/invasora		<i>Arundo donax</i>	<i>Arundo donax</i>			
Material vegetal vivo (Talude)						
Tipo de vegetação		Não existente	Não existente	Não existente	<i>Salix salvifolia</i> (1) <i>Fraxinus angustifolia</i> (2) <i>Nerium oleander</i> (3) <i>Tamarix fricana</i> (4)	Não existente
Comprimento/Diâmetro (cm)					(1) 150(±50)/4(±1) (2) 120(±30)/2(±1) (3) 120(±30)/3(±2) (4) 100(±30)/3(±2)	
Revegetação (retancho)					Sim	
Uniformidade no coberto arbóreo					>40% (Pobre)	
Raízes Estáveis/Instáveis					Estável	
Vegetação exótica/invasora					<i>Arundo donax</i>	
Madeira seca e tratada (Margem)						
Resistência/Durabilidade		Não existente	Não existente	Bom comportamento	Não existente	Não existente
Técnica de instalação/aplicação				Troncos sobrepostos fixados por grampos de ferro e pregos.		
Pedra (Margem)				Não existente	Não existente	
Resistência/Durabilidade		Bom comportamento				Bom comportamento
Quantidade		Eficaz				Eficaz
Forma		Angular				Angular
Dimensões (D ₅₀)		Muro Gabião (40-60) Enrocamento (30-40cm)				30-40cm

Arrastamento de pedras Geossintéticos/Geotêxteis (Margem/Talude) Integridade	Não detetado			Não detetado
Sistemas de fixação				
Arame; Grampos de Ferro; Rede metálica (Margem/Talude) Pontos de corrosão e/ou degradação Técnica de instalação/aplicação	Geomalha e Fibra de Coco (em estado de decomposição); Geomalha (em bom estado de conservação) Geomalha e fibra de coco fixada com grampos de ferro; O geotêxtil fixado com a colocação de pedras Não existente			
	Bom comportamento Fixados ao solo através de grampos de ferro		Bom comportamento	

3. Adaptação aos requisitos técnicos do local da intervenção	Muro Gabião vivo (Condições Base)		Enrocamento vivo (Condições Base)		Cribwall (Condições Base)		Estacaria viva (Condições Base)		Enrocamento (Condições Base)	
Altura (m)	2.5	OK	1.0	OK	1.5	OK	3.0	OK	0.50	OK
Inclinação (°)	90	OK	30	OK	90	OK	20	OK	90	OK
Tipo de Material	Granular	OK	Granular	OK	Granular	KO	Granular	KO	Granular	OK
Mecanismo de Instabilidade		OK		OK		OK		OK		OK
Mecanismo de Rotura		OK		OK		OK		OK		OK
Tensão de Arrastamento (Pa)	<200	OK	<200	OK	<200	OK	<200	OK	<200	OK
Velocidade de Escoamento (m/s)	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK
Revestimento vegetal	-----	---	-----	--	Exótica	KO	Exótica	KO	-----	---
Tipo de erosão	Isolada	OK	Isolada	OK	Isolada	OK	Isolada	OK	Isolada	OK
Acessibilidade para construção	Não	KO	Sim	OK	Sim	OK	Sim	OK	Sim	OK

4. Pontos Fortes e Pontos Fracos da Intervenção

Pontos Fortes	A estacaria viva colocada nos interstícios dos muros de gabião apresentam um excelente resultado.	Renaturalização de talude com vegetação autóctone e remoção dos focos de vegetação exótica.	A estacaria viva colocada nos interstícios do muro vivo apresentam um excelente resultado, tornando impercetível a estrutura inerte de troncos de madeira.
Pontos Fracos	Pontos isolados de vegetação exótica (<i>Arundo donax</i>) e baixa densidade de estacaria viva aplicada no talude (espaçadas de 1.5m). Taxa de sucesso de apenas 40% na estacaria viva aplicada no talude.	Estacaria viva pouco desenvolvida. Presença de animais de pastoreio não contribuiu para o desenvolvimento da vegetação e a baixa densidade de estacas (espaçadas de 1.5m).	Pontos isolados de vegetação exótica (<i>Arundo donax</i>) e baixa densidade de estacaria viva aplicada no talude (espaçadas de 1.5m). Taxa de sucesso de apenas 60% na estacaria viva aplicada no talude.

5. Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas

Muro Gabião vivo	V – Excelente
Enrocamento vivo	III – Razoável
Enrocamento	V – Excelente
<i>Cribwall</i>	V – Excelente
Estacaria viva	III – Razoável

6. Análise comparativa: Desempenho observado vs Evolução temporal expectável

Quadro 1 – Quadro-resumo da aplicação da base sistemática de monitorização e avaliação do desempenho temporal observado das soluções técnicas de estabilização implementadas no troço da ribeira de Algibre (visita de campo realizada em junho 2016)

Base sistemática de monitorização		Ribeira de Algibre			
1. Caracterização Prévia					
Causas da intervenção	Elevada erosão da margem direita, colocando em risco a área adjacente utilizada para atividades recreativas e turísticas				
Ano da intervenção	2006				
Objetivos da Intervenção	Implementação de centro demonstrativo e de desenvolvimento de técnicas de engenharia natural; Controlo dos processos de erosão no leito e margens; e, Implementação de um sistema de monitorização				
Técnicas implementadas (Margem)	Muro de gabião; Enrocamento; Gabião cilíndrico; Cribwall				
Técnicas implementadas (Talude)	Grade viva; Manta orgânica e Estacaria viva				
Ações de monitorização/manutenção	Não foram realizadas quaisquer ações de monitorização/manutenção desde a data da intervenção				
2. Materiais (análise e diagnóstico)					
	Muro Gabião	Enrocamento	Cribwall	Grade viva	Estacaria viva
Material vegetal vivo (margem)	Não existente	Não existente		Não existente	
Tipo de vegetação			Salix salvifolia		Salix salvifolia
Comprimento/Diâmetro (cm)			150(±30)/2(±1)		200(±50)/2(±1)
Revegetação (retancho)			Sim		Sim
Uniformidade no coberto arbóreo			<20%		<30%
Raízes Estáveis/Instáveis			Instáveis		Estáveis
Vegetação exótica/invasora			Arundo donax		Arundo donax
Material vegetal vivo (talude)	Não existente	Não existente	Não existente		
Tipo de vegetação				Salix salvifolia	Salix salvifolia
Comprimento/Diâmetro (cm)				150(±50) / 2(±1)	200(±50)/2(±1)
Revegetação (retancho)				Sim	Sim
Uniformidade no coberto arbóreo				<20%	<30%
Raízes Estáveis/Instáveis				Instáveis	Estáveis
Vegetação exótica/invasora				Arundo donax	Arundo donax
Madeira seca e tratada (Margem/Talude)	Não existente	Não existente			Não existente
Resistência/Durabilidade			Elevado estado de degradação (troncos de madeira praticamente inexistentes)		
Técnica de instalação/aplicação			Troncos sobrepostos fixados por grampos de ferro e pregos		
Pedra (Margem)			Não existente	Não existente	Não existente
Resistência/Durabilidade	Bom comportamento				
Quantidade	Eficaz				
Forma	Angular				
Dimensões (D ₅₀)	Muro Gabião e Enrocamento (40-60cm)				
Arrastamento de pedras	Não detetado				
Geossintéticos/Geotêxteis (Margem /Talude)	Não existente				
Integridade					
Sistemas de fixação					
Arame; Grampos de Ferro; Rede metálica (Margem /Talude)		Não existente			Não existente
Pontos de corrosão e/ou degradação	Bom estado		Elevado estado de degradação		
Técnica de instalação/aplicação	Fixados por grampos de ferro e pregos.		Fixados por grampos de ferro e pregos		

3. Adaptação aos requisitos técnicos do local da intervenção	Muro Gabião (Condições Base)		Enrocamento (Condições Base)		Cribwall (Condições Base)		Grade viva (Condições Base)		Estacaria viva (Condições Base)	
Altura (m)	1.0	OK	1.0	OK	1.0	OK	1.0	OK	1.0	OK
Inclinação (°)	90	OK	90	OK	90	OK	90	OK	90	OK
Tipo de material	Granular	OK	Granular	OK	Granular	KO	Granular	KO	Granular	KO
Mecanismo de Instabilidade		OK		OK		OK		OK		OK
Mecanismo de Rotura		OK		OK		OK		OK		OK
Tensão de Arrastamento (Pa)	<200	OK	<200	OK	<200	OK	<200	OK	<200	OK
Velocidade de Escoamento (m/s)	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK	<2.0	OK
Revestimento vegetal	-----	-----	-----	-----	Exotic	KO	Exotic	OK	Exotic	KO
Tipo de erosão	Isolated	OK	Isolated	OK	Isolated	OK	Isolated	OK	Isolated	OK
Acessibilidade para construção	Yes	OK	Yes	OK	Yes	OK	Yes	OK	Yes	OK

4. Pontos Fortes e Pontos Fracos da Intervenção	
Pontos Fortes	A base da margem ficou reforçada contra os processos erosivos, por aplicação de muros de gabião, enrocamento e gabião cilíndrico.
Pontos Fracos	O talude encontra-se em elevado potencial de erosão. Tal situação resulta do baixo/nulo desenvolvimento da vegetação aplicada no talude que não alcançou o efeito de proteção expectável.

5. Avaliação do desempenho observado das soluções técnicas de estabilização implementadas	
Muro Gabião	IV – Bom
Enrocamento	IV – Bom
Cribwall	I – Fraco
Grade viva	I – Fraco
Estacaria viva	III – Razoável

6. Análise comparativa: Desempenho observado vs Evolução temporal expectável

ANEXO 8

Tese de Doutoramento: Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.1a	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Antuã
Ponto de Amostragem:	P1 - Margem Direira (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3

Soluções Técnicas

Defletor vivo	
Custo de Intervenção (€/m ³)	110€ - 135€
Dimensões (comp×larg×altura)	3×1.5×2
Quantidade de defletores	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	2 970.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	3 645.00 €

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	450.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	600.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	3420.00€ - 4245.00€
---------------------------------------	----------------------------

Tese de Doutoramento:	
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.1b	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Antuã
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Esquerda (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3

Soluções Técnicas

Geocélulas	
Custo de Intervenção (€/m ²)	15€ - 40€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
900.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
2 400.00 €	

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
450.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
600.00 €	

Manta Orgânica	
Custo de Intervenção (€/m ²)	5€ - 7.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
300.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
450.00 €	

Hidrossementeira	
Custo de Intervenção (€/m ²)	3€ - 5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
180.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
300.00 €	

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	1830.00€ - 3750.00€
--------------------------------	---------------------

Tese de Doutoramento:	
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.1b	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Antuã
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Esquerda (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3

Soluções Técnicas

Grade viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
2 700.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
3 600.00 €	

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
450.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
600.00 €	

Manta Orgânica	
Custo de Intervenção (€/m ²)	5€ - 7.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
300.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
450.00 €	

Hidrossementeira	
Custo de Intervenção (€/m ²)	3€ - 5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
180.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
300.00 €	

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	3630.00€ - 4950.00€
--------------------------------	---------------------

Tese de Doutoramento: Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.2a	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Cértima
Ponto de Amostragem:	P1 - Margem Direita (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3

Soluções Técnicas

Entrançado vivo	
Custo de Intervenção (€/m²)	20€ - 35€
Dimensões (comp x alt)	20x1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	400.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	700.00 €

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	375.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	500.00 €

Manta orgânica	
Custo de Intervenção (€/m²)	5€ - 7.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	250.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	375.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	1025.00€ - 1575.00€
---------------------------------------	----------------------------

Tese de Doutoramento:	
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.2a	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Cértima
Ponto de Amostragem:	P1 - Margem Direita (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3

Soluções Técnicas

Faxina viva	
Custo de Intervenção (€/m)	20€ - 40€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	800.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	1 600.00 €

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	375.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	500.00 €

Manta orgânica	
Custo de Intervenção (€/m ²)	5€ - 7.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	250.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	375.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	1425.00€ - 2475.00€
--------------------------------	---------------------

Tese de Doutoramento:	
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.2b	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Cértima
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Esquerda (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	4

Soluções Técnicas

Faxina viva	
Custo de Intervenção (€/m)	20€ - 40€
Extensão a intervir (m):	20
Dimensões (alt)	1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
800.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
1 600.00 €	

Entrançado vivo	
Custo de Intervenção (€/m ²)	20€ - 35€
Dimensões (comp x alt)	20 x 1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
400.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
700.00 €	

Estacaria viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	0.15€ - 1.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
27.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
270.00 €	

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	4
Custo Mínimo de Intervenção (€)	
600.00 €	
Custo Máximo de Intervenção (€)	
800.00 €	

Manta Orgânica	
Custo de Intervenção (€/m ²)	5€ - 7.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	4

Custo Mínimo de Intervenção (€)	400.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	600.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	2227.00€ - 3970.00€
---------------------------------------	----------------------------

Tese de Doutoramento: Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.	
Anexo - 8.2b	
Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Cértima
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Esquerda (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	3

Soluções Técnicas

Muro vivo (cribwall)	
Custo de Intervenção (€/m ³)	90€ - 125€
Extensão a intervir (m):	20
Largura a intervir (m):	2
Altura da margem (m):	2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	9 000.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	12 500.00 €

Estacaria viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	0.15€ - 1.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	1.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	13.50 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	135.00 €

Geomalha	
Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	4
Custo Mínimo de Intervenção (€)	600.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	800.00 €

Manta Orgânica	
Custo de Intervenção (€/m ²)	5€ - 7.5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	4
Custo Mínimo de Intervenção (€)	400.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	600.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	10013.50€ - 14035.00€
--------------------------------	-----------------------

Tese de Doutoramento:

Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3a

Determinação do Custo Total da Intervenção

Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P1 - Margens Esquerda/Direira (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura das margens a intervir_ Esq/Dir (m):	5 / 5

Soluções Técnicas

Enrocamento vivo

Custo de Intervenção (€/m ³)	45€ - 80€
Dimensões (comp×larg×altura)	20×3×1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	5 400.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	9 600.00 €

Estacaria viva

Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	2
Custo Mínimo de Intervenção (€)	36.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	360.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)

5436.00€ - 9960.00€

Tese de Doutoramento:

Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3a

Determinação do Custo Total da Intervenção

Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P1 - Margens Esquerda/Direira (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura das margens a intervir_ Esq/Dir (m):	5 / 5

Soluções Técnicas

Muro de Gabião vivo

Custo de Intervenção (€/m ³)	80€ - 110€
Dimensões (comp×larg×altura)	4.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	14 400.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	19 800.00 €

Estacaria viva

Custo de Intervenção (€/m ²)	7.5€ - 10€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	2
Custo Mínimo de Intervenção (€)	36.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	360.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)

14436.00€ - 20160.00€

Tese de Doutoramento:
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3b

Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Esquerda (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	5

Soluções Técnicas

Enrocamento vivo	
Custo de Intervenção (€/m ³)	45€ - 80€
Dimensões (comp×larg×altura)	20×3×1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	2 700.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	4 800.00 €

Grade viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	2
Custo Mínimo de Intervenção (€)	1 800.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	2 400.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	4500.00€ - 7200.00€
---------------------------------------	----------------------------

Tese de Doutoramento:
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3b

Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Esquerda (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	5

Soluções Técnicas

Muro vivo (cribwall)	
Custo de Intervenção (€/m³)	90€ - 125€
Dimensões (comp×larg×altura)	20×3×2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	13 500.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	18 750.00 €

Esteira viva	
Custo de Intervenção (€/m²)	30€ - 45€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	2
Custo Mínimo de Intervenção (€)	1 200.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	1 800.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	14700.00€ - 20550.00€
--------------------------------	-----------------------

Tese de Doutoramento:
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3c

Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Direita (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	6

Soluções Técnicas

Enrocamento vivo	
Custo de Intervenção (€/m ³)	45€ - 80€
Dimensões (comp×larg×altura)	20×3×1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	2 700.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	4 800.00 €

Grade viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	2 700.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	3 600.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	5400.00€ - 8400.00€
---------------------------------------	----------------------------

Tese de Doutoramento:
Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3c

Determinação do Custo Total da Intervenção	
Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P2 - Margem Direita (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	6

Soluções Técnicas

Muro de Gabião vivo	
Custo de Intervenção (€/m ³)	80€ - 110€
Dimensões (comp×larg×altura)	4.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	7 200.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	9 900.00 €

Grade viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	3
Custo Mínimo de Intervenção (€)	2 700.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	3 600.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)	9900.00€ - 13500.00€
--------------------------------	----------------------

Tese de Doutoramento:

Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3d

Determinação do Custo Total da Intervenção

Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P3 - Margens Esquerda/Direira (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura das margens a intervir_ Esq/Dir (m):	5 / 5

Soluções Técnicas

Enrocamento vivo

Custo de Intervenção (€/m ³)	45€ - 80€
Dimensões (comp×larg×altura)	20×3×1
Custo Mínimo de Intervenção (€)	5 400.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	9 600.00 €

Grade viva

Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	2
Custo Mínimo de Intervenção (€)	3 600.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	4 800.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)

9000.00€ - 14400.00€

Tese de Doutoramento:

Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.3d

Determinação do Custo Total da Intervenção

Caso de Estudo:	Rio Lis
Ponto de Amostragem:	P3 - Margens Esquerda/Direira (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura das margens a intervir_ Esq/Dir (m):	5 / 5

Soluções Técnicas

Muro vivo (cribwall)

Custo de Intervenção (€/m ³)	90€ - 125€
Dimensões (comp×larg×altura)	20×3×2.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	27 000.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	37 500.00 €

Grade viva

Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	2
Custo Mínimo de Intervenção (€)	3 600.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	4 800.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)

30600.00€ - 42300.00€

Tese de Doutoramento:

Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.4

Determinação do Custo Total da Intervenção

Caso de Estudo:	Rio Arunca
Ponto de Amostragem:	P2 - Margens Esquerda/Direira (Opção 1)
Extensão a intervir (m):	20
Altura das margens a intervir_ Esq/Dir (m):	4.5 / 3.5

Soluções Técnicas

Grade viva

Custo de Intervenção (€/m ²)	45€ - 60€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	4.5 / 3.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	7 200.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	9 600.00 €

Hidrossementeira

Custo de Intervenção (€/m ²)	3€ - 5€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem (m):	4.5 / 3.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	480.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	800.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)

7680.00€ - 10400.00€

Tese de Doutoramento:

Estabilização de Margens Fluviais. Uma abordagem multifuncional.

Anexo - 8.4

Determinação do Custo Total da Intervenção

Caso de Estudo:	Rio Arunca
Ponto de Amostragem:	P2 - Margens Esquerda/Direira (Opção 2)
Extensão a intervir (m):	20
Altura das margens a intervir_ Esq/Dir (m):	4.5 / 3.5

Soluções Técnicas

Esteira viva	
Custo de Intervenção (€/m ²)	30€ - 45€
Extensão a intervir (m):	20
Altura da margem a intervir (m):	4.5 / 3.5
Custo Mínimo de Intervenção (€)	4 800.00 €
Custo Máximo de Intervenção (€)	7 200.00 €

CUSTO TOTAL DA INTERVENÇÃO (€)

4800.00€ - 7200.00€